87-04636/

Ce projet a reçu l'appui du Comité (fédéral interministériel) de la recherche et du développement énergétiques (CRDE).

This project was supported by the Federal Panel on Energy R&D (PERD).

Copyright 1987 par
Conseil national de recherches du Canada

De courtes citations et la reproduction de figures et tableaux du présent rapport sont autorisées sous réserve que la source en soit clairement mentionée.

Copyright 1987 by
National Research Council of Canada

Permission is granted to quote short excerpts and to reproduce figures and tables from this report, provided that the source of such material is fully acknowledged.

Des exemplaires du rapport et d'autres publications de la Division de l'énergie peuvent être obtenus par courrier sur le paiement d'avance des droits requis (règlement par mandat de banque, mandat-exprès, mandat-poste ou chèque payables au Receveur général du Canada, crédit du CNRC) à l'adresse suivante:

Bureau de vente et diffusion des publications
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

Copies of this and other publications of the Division of Energy may be obtained by mailing the appropriate remittance (a Bank, Express, or Post Office Money Order, or a cheque made payable to the Receiver General for Canada, credit NRC) to

Publication Sales and Distribution Office
National Research Council of Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0R6

Prix unitaire: Gratuit

Price: Free

Available in English, NRCC No. 26605

VUE D'ENSEMBLE SUR LE PROGRAMME DE LA TOURBE DU CNRC

1982 - 1985

T.E. Tibbetts

Avril 1986

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
ORIGINE ET FORMATION DES TOURBIÈRES	2
CARACTÉRISTIQUES DE LA TOURBE	4
POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES SOLS TOURBEUX	6
LA TOURBE, SOURCE D'ÉNERGIE AU CANADA : BREF HISTORIQUE	7
LE PROGRAMME D'ÉNERGIE DE LA TOURBE	9
Origine	9
Structure/Mécanisme	9
Objectifs	10
Activités/Réalisations	10
PARTICIPATION INTERNATIONALE	17
Société internationale de la tourbe	17
Agence internationale de l'énergie	17
PERSPECTIVES	19
Politiques nationales pour la recherche et le développement en matière de Tourbe	19
Tourbières : La ressource	20
Extraction	20
Assèchement/Traitement	21
Développement de produits carbonés/chimiques	21
BIBLIOGRAPHIE	23
APPENDICE A	27
A1 POLICIES ET ACTIVITÉS	27
A1.1 Peat Policies and Activities in Canada: Highlights	27
A2 RESSOURCE ET INVENTAIRE	29
A2.1 Peat Resources of Canada	29
A2.2 The Use of Impulse Radar Techniques for Depth Profiling of Peat Deposits	29
A3 EXTRACTION	31
A3.1 Study of the Technology and Costs Associated with Dredging and Overburden Clearing Operations for the Recovery of Peat	31
A3.2 An Evaluation of Alternative Wet Peat Mining Systems	33
A3.3 Development of Design Parameters for Peat Slurry Pumping and Pipeline Transport	37
A3.4 Design and Construction of Peat Slurry Pump/Macerator	40
A3.5 Peat Slurry Pumping Demonstration Project	43

TABLE DES MATIÈRES(Suite)

Page

A4 ASSÈCHEMENT-TRAITEMENT 54
A4.1 Investigation of Transferable Technology for Application in Peat Dewatering Research 54
A4.2 Process Evaluation and Conceptual Design of a Plant Based on Technical and Economic Assessment of Peat Dewatering and Peat Fuel Processes 57
A4.3 Autohydrolysis and Fractionation of Peat via the UdeS-NRC Thermomechanical Process 61
A4.4 The use of Microbes in the Dewatering of Fuel Grade Peat - Part 1 63
A4.5 The Use of Microbes in the Dewatering of Fuel Grade Peat - Part 2 64
A4.6 Development of the Lamb Wet-Cell Burner for Energy from New Brunswick Peat 66
A5 ENVIRONNEMENT 69
A5.1 Identification of the Pollution Potential of the Harvesting and Preutilization of Peat as an Energy Commodity 69
A5.2 Wastewater Characteristics of Five Peat Dewatering Processes 69
A5.3 Pollution Potential of Peat Combustion, Liquefaction and Gasification 70
A5.4 Development of an Innovative Approach to Assess the Ecological Impact of Peatland Development: Ecological Background and Preliminary Model Development 72
A5.5 Fish and Wildlife Use of Peatlands in Canada 80
A6 TOURBIÉRE 83
A6.1 A Study on the Biogasification of Peat 83
A6.2 Anaerobic Fermentation of ORF Wetox^{R} Peat Pressate for the Production of Methane 85
A6.3 Carbon Products from Peat 88
A6.4 The Use of Peat Extracts/Pressate as a Feed Stock for Chemical and Biochemical Processes 95

LISTE DES TABLEAUX

1. Le niveau de financement 1

VUE D'ENSEMBLE SUR LE PROGRAMME DE LA TOURBE DU CNRC : 1982-1985

T.E. Tibbetts

INTRODUCTION

La tourbe présente certaines caractéristiques semblables à celles du charbon, et c'est pourquoi on l'appele parfois "jeune charbon"; elle ressemble également au bois et à d'autres formes de biomasse, d'où son appellation de "biomasse ancienne". Chacune de ces notions a été utile pour rationaliser les activités de recherche et de développement du programme fédéral de la tourbe, à l'oeuvre de 1982 à 1985.

Le Programme d'énergie de la tourbe (pour l'énergie et les produits chimiques) a été créé sous les auspices du Programme énergétique national afin de promouvoir la recherche et le développement pour l'exploitation de l'énergie et des produits chimiques des immenses tourbières du Canada. Il a été mis fin au Programme en 1985 à la suite des importantes restrictions budgétaires annoncées en novembre 1984. La progression au niveau des activités du Programme est mesurée par le niveau de financement pour les trois années complètes du Programme (voir tableau 1).

Tableau 1. Le niveau de financement

	Ressources pour le programme des tourbes 1982-1985($ x 10^3)		
Activité	1982/83	1983/84	1984/85
Inventaire	225	360	340
Extraction	50	240	320
Traitement/Assèchement	50	350	290
Environnement	150	270	550
Produit, Développement/ normalisation	200	275	40

Le présent rapport vise à faire connaître aux non-initiés la portée et l'importance de la ressource constituée par la tourbe, et à présenter aux autres une description sommaire du Programme et de ses résultats. On conseille vivement au lecteur de consulter l'appendice renfermant les résumés pour la Direction des projets les plus avancés, ainsi que la bibliographie, source de documentation pour les diverses activités du Programme.

ORIGINE ET FORMATION DES TOURBIÈRES

Le climat a joué un rôle important dans la formation des tourbières du Canada, l'origine de la plupart d'entre elles se situant pendant les périodes de glaciation. Les sols tourbeux au Canada - tourbières, marais, marécages - représentent environ 12 % de la superficie totale, soit environ 111 000 × 10^3 ha, et ils ont été formés, comme ailleurs sur la planète, il y a quelque 10 000 années, à la fin de la dernière période glaciaire.

Pour qu'il y ait formation et présence de sol tourbeux, il doit y avoir de l'eau en abondance. En outre, il faut qu'il y ait accumulation de matières organiques à un rythme supérieur à celui de leur décomposition. Dans les régions tropicales, le taux très élevé de décomposition empêche généralement la formation de sol tourbeux. Dans les zones désertiques, le bilan d'eau est négatif, ce qui empêche la formation de sol tourbeux. Sous un climat froid, humide, maritime, une couverture tourbeuse peut se former sur n'importe quelle couche sous-jacente, et même sur les pentes de collines; le sol tourbeux ne se limite donc pas aux dépressions ou terres basses. À mesure que le taux de précipitations, et l'apport d'eau pour l'évaporation et le ruissellement, et le taux d'accumulation de débris organiques pour la décomposition baissent, la formation de sol tourbeux se limite progressivement aux terres basses et aux dépressions locales.

La décomposition est principalement celle des matières végétales par l'action des micro-organismes. Dans une tourbière, le milieu humide et les débris végétaux accumulés empêchent l'air de pénétrer dans les couches inférieures de la végétation en décomposition. Non loin en-dessous de la surface humide, il n'y a pratiquement plus d'oxygène, car il a été consommé par les tissus végétaux en décomposition et les microbes qui l'activent. En-dessous de ce niveau, la décomposition ne peut se faire que de façon anaérobie, autrement dit les micro-organismes qui vivent dans les couches inférieures dépendent de l'oxygène stocké chimiquement dans les résidus végétaux. À une profondeur encore plus grande, cette source d'oxygène se raréfie à son tour. En-dessous du niveau d'activité anaérobie, il n'y a pratiquement plus aucune transformation. Le processus de décomposition s'arrête avant d'être complètement terminé, en laissant partiellement décomposés les restes des végétaux.

Les grands gisements de tourbe dans le nord de l'Europe, en Asie et en Amérique du Nord, sont constitués de tourbe à la base, reposant sur une couche de sable, d'argile ou de roche, qui sont souvent les restes d'un lac formé lors du recul d'un glacier. À la partie supérieure du gisement, il y a généralement des végétaux vivants, qui vont dépérir par la suite et ainsi participer au processus de décomposition.

Il faut en moyenne de 3000 à 4000 ans pour l'accumulation d'une couche d'un mètre de tourbe; l'accumulation ne se poursuivra qu'aussi longtemps que des végétaux peuvent vivre et mourir à la surface de la tourbière. L'assèchement et l'extraction de la tourbe met fin au processus, ainsi qu'à la fausse impression voulant que le sol tourbeux constitue une ressource renouvelable. Contrairement à une forêt qui, bien entretenue, peut produire du bois année après année, un gisement de tourbe une fois exploité se trouve par le fait même épuisé. Mais, contrairement à un gisement de charbon, une terre tourbeuse peut continuer à se développer si elle n'est pas exploitée.

CARACTÉRISTIQUES DE LA TOURBE

La tourbe est constituée de résidus non consolidés de végétaux aquatiques, comme les mousses, les joncs, les roseaux et à un moindre degré, de végétaux ligneux, qui se sont accumulés pendant des milliers d'années dans un environnement saturé d'eau. Les propriétés de la tourbe dépendent en grande partie de l'espèce végétale initiale et du degré de décomposition.

La tourbe renferme une fraction importante du carbone et de l'hydrogène dont était pourvu le végétal initial. Le confinement de la tourbe par suite des mouvements de la croute terrestre peut la soumettre à des pressions et à des températures très élevées, et entamer ainsi le processus de "carbonisation".

La tourbe ne fait pas partie des systèmes de classification et de catégorisation du charbon, mais elle est la première étape géologique de sa formation. Le processus de "carbonisation" se fait par perte d'oxygène sous forme de gaz carbonique et d'eau (incombustibles) et concentration de carbone et d'hydrogène (combustibles).

La tourbe se forme dans un milieu saturé d'eau; à l'état brut et non asséché, elle contient environ 90 % d'eau. Les principaux constituants de la tourbe qui déterminent l'énergie de combustion sont le carbone fixé et la matière volatile, qui représentent respectivement 70 et 30 % du poids sec sans cendres.

Avec le temps, l'augmentation de la quantité de carbone fixé s'accompagne d'une réduction du montant de matière volatile. Comparativement au lignite, la tourbe renferme environ 60 % de plus en poids de matière volatile, et sa valeur calorifique est inférieure de 25 %. Comparée au charbon, la tourbe renferme peu de carbone et de soufre, mais sa teneur en oxygène et en azote est élevée.

L'analyse élémentaire de la tourbe donne des résultats différents à mesure que la décomposition progresse. Celle-ci entraîne la perte du caractère initial de la plante, avec formation d'une tourbe de composition variable, allant d'une matière si peu décomposée que les végétaux sont encore reconnaissables à leurs feuilles, leurs tiges et leurs racines, à une substance tellement décomposée qu'elle ressemble à une boue épaisse sans structure. La décomposition de la lignine et d'autres substances semblables de la plante initiale produit des acides humiques - colloïdes gélatineux - qui rendent la tourbe glissante et visqueuse.

Il est essentiel de connaître le degré de décomposition de la tourbe si on veut procéder à une évaluation provisoire en vue d'applications futures.

Un système largement utilisé pour déterminer le degré de décomposition, et principalement sur le terrain, est l'échelle von Post. Le degré de décomposition, la valeur H, est exprimé par un nombre de 1 à 10 sur cette échelle. H-1 correspond à une matière végétale non décomposée, et H-10 représente une tourbe avec décomposition complète. Brièvement, on peut classifier la tourbe, comme suit :

(a) tourbe légèrement décomposée, pour un degré de décomposition de H-1 à H-5, dans laquelle les résidus des végétaux sont reconnaissables; de très faibles quantités de colloïdes ou de gels sont présentes; cette tourbe ne se transforme pas en morceaux durs lorsqu'elle est séchée, et elle peut être facilement réhumidifier;

(b) tourbe fortement décomposée, pour un degré de décomposition de H-6 à H-10, dans laquelle les résidus végétaux ne révèlent plus l'origine de la plante; cette tourbe est de nature colloïdale (glissante); elle donne des morceaux très durs au séchage, et il est difficile de réhumidifier la masse.

La tourbe possède des propriétés qui la rendent très intéressante pour diverses applications, et particulièrement ses caractéristiques physiques et chimiques qui lui donnent une grande capacité d'aération et de rétention d'eau et des agents nutritifs lorsqu'elle est ajoutée à des sols minéraux. Ces caractéristiques se retrouvent particulièrement dans le matériau tourbeux relativement peut décomposé, H-1 à H-5, et elles ont contribué aux efforts de l'humanité pour satisfaire au moins deux besoins fondamentaux, la nourriture et les loisirs. En général, cette tourbe est celle qu'on appelle **tourbe de sphaigne.**

Pour l'utilisation d'énergie, il faut des tourbes fortement décomposées, de H-6 à H-10, appelées **tourbes combustibles.** Ces tourbes ont généralement une capacité calorifique supérieure. Elles sont plus ou moins solides - plus denses - d'où une manutention et un transport moins coûteux et plus faciles.

POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES SOLS TOURBEUX

Certaines propriétés des sols tourbeux deviennent de plus en plus évidentes, et semblent justifier l'utilisation de ces sols en tant que ressource.

En Europe, l'emploi des sols tourbeux pour l'exploitation forestière a atteint un niveau très avancé. Au Canada, des sols tourbeux ont été asséchés et convertis à des fins d'exploitation forestière, mais surtout dans le cadre de projets de recherches, car jusqu'ici nos ressources forestières naturelles sont encore abondantes et facilement accessibles.

Certaines tourbières ont été asséchées et rendues productives comme pâturages pour le bétail, ainsi qu'à des fins agricoles ou de jardinage commercial. La régénération de terres tourbeuses a permis la culture du bleuet et de l'airelle canneberge, ainsi que la création de pépinières de pin sylvestre et d'arbres ornementaux; enfin, divers projets de jardinage commercial ont été rendus possibles grâce à la tourbe. Ce type d'activité devient de plus en plus important dans diverses parties du Canada, comme à Terre-Neuve, au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique.

Quelques tourbières ont été asséchées; la tourbe, après avoir été enlevée, comprimée, et emballée, a été vendue à des fins horticoles. Actuellement au Canada, la tourbe est presque exclusivement utilisée à des fins horticoles, et il existe un important secteur industriel d'extraction de la tourbe, fondé sur sa valeur horticole. L'exploitation de la tourbe se fait à l'échelle du pays, et particulièrement au Québec, au Nouveau-Brunswick, au Manitoba et en Colombie-Britannique. Actuellement, la production annuelle de tourbe au Canada est d'environ 3/4 de million de tonnes, pour une valeur de plus de 100 millions de dollars. La majeure partie de cette tourbe est exportée aux États-Unis, de faibles quantités étant expédiées vers l'Europe, le Japon, l'Afrique et l'Amérique du Sud.

En Europe, la tourbe, en plus d'être utilisée sur place pour l'agriculture et la foresterie, et comme additif pour le sol en horticulture, est extraite à des fins énergétiques. La plupart des pays européens possédant d'importantes ressources en tourbe, ont procédé à une réévaluation de leurs sols tourbeux afin d'optimiser l'utilisation de ce matériau, et d'établir des priorités à la lumière des besoins énergétiques. La technologie pour l'utilisation de la tourbe à des fins énergétiques, à petite et grande échelle, a été mise au point et est employée depuis plusieurs années.

LA TOURBE, SOURCE D'ÉNERGIE AU CANADA : BREF HISTORIQUE

Au Canada, et d'ailleurs dans toute l'Amérique du Nord, l'utilisation industrielle de la tourbe à des fins énergétiques n'est pas très répandue.

Chez nous, les tentatives pour utiliser commercialement la tourbe comme combustible, remontent au dix-neuvième siècle; par exemple, en 1864, une usine pour la production de tourbe combustible est mise en service près de Bulstrode, au Québec. Au début des années 1890, on se tourne de nouveau avec intérêt vers la tourbe combustible au Canada, et de nombreuses entreprises sont mises en chantier pendant une période de sept années, principalement pour la production de briquettes de tourbe.

La grave pénurie de combustible au Canada, en 1917, surtout en Ontario et au Québec, a suscité alors le projet d'utilisation de tourbe combustible le plus important au Canada jusqu'ici. Ce projet fut mis en oeuvre à Alfred, en Ontario, par un comité conjoint pour la tourbe, créé en 1918, et il fut financé à parts égales par le gouvernement fédéral et celui de l'Ontario. Le but du projet était d'étudier des moyens et des techniques permettant de convertir la tourbe canadienne en un combustible commercialisable. Le principal objectif : la mise au point d'une machine capable, en plusieurs étapes, de produire de la tourbe combustible par la méthode du séchage à l'air. Cette technique était considérée comme le seul procédé industriel permettant d'obtenir de la tourbe à un coût raisonnable, car celui de la main-d'oeuvre avait fortement grimpé après la première guerre mondiale.

Techniquement, la production mécanique de tourbe séchée à l'air dans le cadre de ce projet, se révéla une réussite; mais, du point de vue économique, la production eut à souffrir de certains facteurs et du coût d'autres combustibles. Un rapport complet sur le projet Alfred, publié en 1926, constitua la base de l'innovation technologique dans l'industrie de la tourbe pendant les années qui suivirent, aussi bien en Europe qu'en Amérique du Nord.

Au début de 1923, le Comité exprima sa satisfaction de voir terminer les travaux de recherche nécessaires pour la mise en place d'une usine de production de tourbe, et on espérait que le secteur privé se chargerait de poursuivre l'exploitation de l'usine. Le "Dominion Fuel Board", dont relevait à l'époque l'approvisionnement en combustible du Canada, estimait que la tourbe devait servir à combler une partie des besoins en combustible du Canada central et que "si les résultats obtenus l'année dernière (1922) à Alfred ne sont pas suffisants pour attirer les capitaux privés vers le secteur de production de ce combustible, d'autres efforts devront être déployés par le gouvernement concerné en faveur de cette industrie". Plus tard, une compagnie privée fut constituée, et la production commença en

1925. Mais, en 1927, l'usine passa entre les mains du gouvernement fédéral pour une démonstration commerciale de la production de tourbe combustible. De plus, en 1927, de l'humus de tourbe pour l'enrichissement du sol, fut expédié de la tourbière d'Alfred pour en évaluer la commerciabilité. C'était là, semble-t-il, les débuts de l'industrie de la tourbe au Canada. Cette tourbe fut utilisée comme litière pour les animaux, comme humus et comme engrais. Une combinaison de circonstances internationales favorables, d'ingéniosité, et de chance, favorisa le développement de cette entreprise, qui constitua la base de l'industrie canadienne actuelle de la tourbe, en plein essor.

Le cycle de progression et de recul de la tourbe, comme source d'énergie, a suivi l'évolution économique des approvisionnements, dictée par les sources étrangères de combustible. Contrairement au pétrole, au gaz et à l'uranium, qui ont bénéficié d'une aide gouvernementale massive pour la recherche et le développement, les ressources en tourbe du Canada, dont l'importance dépasse les ressources énergétiques mentionnées ci-dessus, ont été pratiquement négligées pendant les périodes où on ne se préoccupait que peu, ou pas du tout, de l'approvisionnement en énergie. Dans l'histoire du Canada, on ne s'est intéressé à la tourbe que pendant les périodes où il y avait crise de cet approvisionnement. C'est de l'entreprise privée qu'on attendait le développement de cette ressource, mais voilà, il ne s'est jamais fait.

LE PROGRAMME D'ÉNERGIE DE LA TOURBE

Origine

L'embargo sur les produits pétroliers de 1973 par l'OPEP provoqua au Canada une crise énergétique encore plus grande que celle de 1918-1925, et une fois de plus on s'intéressa à nos ressources domestiques en tourbe. Une fois de plus, au début des années 1980, le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux réalisèrent les possibilités de cette ressource, et en 1982 un programme de recherche et de développement fut mis en oeuvre sous les auspices du gouvernement fédéral.

Structure/Mécanisme

Pour pouvoir utiliser la tourbe au Canada à des fins d'applications énergétiques et chimiques, il faut d'abord procéder à une rationalisation et à une définition des ressources en tourbe, ce qui permettra d'évaluer le potentiel de ces ressources dans le cadre d'un système de gestion des ressources terrestres et de contraintes environnementales. L'évaluation de la tourbe comme alimentation organique de remplacement dans les systèmes de production d'énergie, la fabrication d'une foule de produits industriels à base de carbone, et les possibilités d'utilisation des terres après leur exploitation pour la tourbe, supposent un engagement de plus en plus poussé au niveau de la recherche en matière de gestion des tourbières et de technologie de la tourbe.

Pour arriver à un mécanisme permettant de promouvoir ces initiatives, un Programme d'énergie de la tourbe fut créé, et des fonds modestes furent attribués par le gouvernement fédéral à plusieurs ministères par l'intermédiaire d'un Comité (interministériel) de la recherche et du développement énergétiques (CRDE). La gestion du Programme d'énergie de la tourbe fut confiée à la Division de l'énergie du Conseil national de recherches, le Programme fonctionnant dans le cadre des énergies renouvelables. Étant donné que la tourbe peut être considérée comme biomasse ancienne, et en gardant le Programme d'énergie de la tourbe très près des activités du Programme R et D pour la bioénergie liées à la tourbe, la conversion fut rendue possible à un coût supplémentaire très minime. En plus des contrats de recherche passés à l'extérieur, de modestes travaux de recherche maison furent entrepris au Laboratoire de recherches de l'Atlantique du CNRC, particulièrement dans les domaines du développement de nouveaux produits carbonés/chimiques, et de l'élaboration de normes d'essai. Ces recherches furent plus ou moins facilitées par la complémentarité des études sur les produits carbonés/chimiques de la tourbe avec le programme en cours de pyrolyse et d'essais sur le charbon, et il fut ainsi possible de reconnaître l'aspect géologique de la tourbe, à savoir sa nature de jeune charbon.

Les activités du Programme ne furent pas organisées de façon isolées, mais par consensus, dans le cadre de consultations. Ce processus prit forme lors d'un forum sur la tourbe, auquel participaient divers représentants des ministères fédéraux intéressés par les questions liées à la tourbe et aux tourbières, comme Agriculture Canada, Environnement Canada, le CNRC et le MDN. Y prenait également part le CNC-SIT (Comité national canadien de la Société internationale de la tourbe), dont le secrétariat fut installé au CNRC, et dont les membres représentaient les intérêts très variés de la communauté canadienne concernée par la tourbe; de plus, on était en liaison avec les organismes provinciaux par l'intermédiaire du groupe de travail technique sur la tourbe de l'IPACE (Comité consultatif inter-provincial sur l'énergie). Le Programme d'énergie de la tourbe a également contribué aux initiatives internationales en participant aux travaux de l'AIE (Agence internationale de l'énergie).

Objectifs

Les travaux de recherche ont été orientés vers une définition de la ressource, la mise au point de nouvelles techniques d'extraction et de traitement, et l'élaboration de stratégies respectant les contraintes environnementales et les politiques de gestion des terres. Les techniques laissant entrevoir la possibilité d'exploiter la ressource tout au long de l'année furent particulièrement favorisées en vue de l'alimentation des lignes classiques du secteur énergétique et chimique. La mise au point de nouveaux produits, tirant avantage des caractéristiques spéciales de la tourbe, comme la réactivité, l'échange ionique et la capacité de liaison, constitua un autre objectif du Programme. L'évaluation des effets environnementaux de l'exploitation des tourbières fit l'objet d'une très haute priorité, et on s'attacha à rechercher des critères de protection de l'environnement et des méthodes anti-pollution pour atténuer ces effets. De plus, des stratégies de régénération pour les tourbières déjà exploitées furent étudiées.

Activités/Réalisations

La recherche et le développement du Programme d'énergie de la tourbe portèrent particulièrement sur les données suivantes : évaluation des ressources en tourbe; techniques et systèmes d'extraction de la tourbe par voie humide; questions environnementales; développement de produits carbonés/chimiques; essais et normalisation.

Un certain nombre de rapports, y compris ceux cités dans la bibliographie, furent publiés. Il s'agit, pour la plupart, de rapports d'exécutants. D'autres sont des comptes rendus de colloques, dans lesquels le CNRC a joué

un rôle déterminant par l'intermédiaire du Comité national canadien de la Société internationale de la tourbe. Ces comptes rendus furent utilisés dans beaucoup de cas comme véhicules de transfert technologique pour la R et D en cours du Programme d'énergie de la tourbe.

Des synopsis des principales activités du Programme suivent. En outre, les résultats d'un certain nombre de projets de recherche et de développement plus avancés sont présentés à l'appendice, sous forme de résumés à la Direction, de sommaires ou de conclusions et de propositions, contenus dans les rapports des exécutants. Les rapports complets, selon la liste bibliographique, peuvent être obtenus auprès du Service d'information du CNRC, ou auprès du CNC-IPS dans le cas des comptes rendus des colloques.

Évaluation des ressources en tourbe

Cette activité a été organisée par Agriculture Canada (Institut de recherches sur les terres) et Environnement Canada (Service canadien des forêts).

En 1985, une méthode fut mise au point pour dénombrer les tourbières, qui permit de recueillir des données uniformes, systématiques et précises dans diverses régions du Canada, comme à Terre-Neuve et au Labrador, dans les Prairies, les Terres-Basses du Saint-Laurent, et sur la côte du Pacifique. En même temps que les études sur le terrain, un registre informatisé des terres humides fut constitué, qui permettra le stockage et l'évaluation des données relatives aux tourbières, obtenues dans le cadre de futurs projets de dénombrement et d'inventaire. On explora les possibilités d'utilisation du radar pour l'inventaire.

Le dénombrement primaire évalue la surface couverte par les tourbières au Canada à $111\ 328 \times 10^3$ ha, soit 12 % de la surface terrestre totale. Les sols tourbeux sont de nature très variés. Il y a environ 335×10^9 t de tourbe sèche ou 507×10^9 t à 50 % d'humidité. La valeur énergétique est de $6,7 \times 10^{21}$ J. L'équivalent en énergie des tourbières exploitables dans le sud est approximativement de $2,7 \times 10^{21}$ J, valeur comparable aux ressources en charbon du Canada.

Extraction de la tourbe

L'extraction de la tourbe représente une activité majeure du CNRC dans le cadre du Programme d'énergie de la tourbe.

Pour une production de tourbe, qui ne dépende pas du séchage solaire, c'est l'extraction de tourbe humide à différents niveaux de production, à partir

de gisements drainés et non drainés, qui semble offrir les meilleures perspectives pour l'exploitation à grande échelle de la tourbe au Canada.

Actuellement, presque toute la production de tourbe se fait grâce à des méthodes d'extraction par voie sèche, autrement dit par extraction du matériau d'une tourbière drainée, puis par séchage au soleil de la couche de tourbe extraite ou déplacée, à la surface même de la tourbière. Le séchage au soleil limite la production de tourbe à une période saisonnière d'environ quatre mois.

L'extraction de la tourbe humide, pratiquée depuis 40 années en URSS, consiste à extraire et à pomper la tourbe sous forme de boue jusqu'à une surface de séchage au soleil. Le système d'extraction de tourbe humide, proposé par le CNRC, utilise l'extraction, le pompage et le transport, suivis du traitement et de l'assèchement à l'usine, ce qui rend le procédé indépendant du séchage solaire et prolonge la saison de production à 9-10 mois pour la plupart des régions productrices.

On termina d'abord une évaluation technique des diverses méthodes d'extraction pratiquées dans le monde, et on procéda à l'évaluation de la compatibilité de systèmes d'extraction à l'état humide, avec divers scénarios de traitement de la tourbe et de normes pour les alimentations industrielles. Suivirent la mise au point et la démonstration d'un système d'extraction à l'état humide, le mieux adapté à la production de tourbe combustible canadienne, avec des données sur les coûts, y compris le montant d'immobilisation et les frais d'exploitation. Cela fut accompli dans le cadre de dispositions contractuelles multi-phases, dans lesquelles le NYSERDA (New York State Energy Research and Development Authority) était un partenaire égal.

Phase 1 : élaboration de méthodes pour le calcul des principaux paramètres de pompage de la tourbe boueuse, d'après les caractéristiques de la tourbe, y compris le degré de décomposition, et la viscosité de la tourbe boueuse.

Phase 2 : étude des divers modèles de pompes pour la tourbe boueuse; préparation d'un nouveau modèle et fabrication de la pompe. La construction d'un prototype pour le pompage et la macération des boues de tourbe par Allis-Chalmers Canada Inc. fut terminée en 1985, et les essais ultérieurs en atelier avec de l'eau montrèrent que la pompe dépassait les spécifications de 2000-4000 USGPM. La pompe pour les boues de tourbe possède plusieurs caractéristiques uniques, comme un déflecteur externe pour écarter les racines, les souches et d'autres débris, et une unité interne de macération permettant de préparer la tourbe sous la forme la mieux adaptée au pompage, au transport et à la production de combustible.

Phase 3 : essai sur le terrain de la pompe/macérateur de tourbe boueuse dans l'État de New York, pendant l'été de 1985, avec évaluation de la performance du système de pompage et de canalisation. De plus, l'essai permit d'évaluer l'efficacité de la préparation de la boue grâce à des jets d'eau ("hydromonitors"), ainsi que l'effet de la macération sur le pompage et le transport par pipelines. La pompe se révéla capable de déplacer des boues contenant jusqu'à 8 % de solides.

Phase 4 : au moment de la rédaction du présent rapport, démonstration sur le terrain à l'échelle industrielle de la pompe prototype et du système d'extraction et de transport dans une tourbière de l'Ontario. L'instrumentation complète de cet essai permettra d'évaluer le coût et le rendement technique du système d'extraction de tourbe humide.

En plus d'augmenter sensiblement la longueur de la saison de production, l'extraction de tourbe humide nécessitera beaucoup moins de surface d'extraction; elle peut être effectuée sans drainage; enfin, elle pourrait être utilisée pour des gisements ligneux considérés jusqu'ici comme non exploitables avec la technologie actuelle. On estime que les problèmes environnementaux seront atténués grâce à ce type d'extraction. L'utilisation de plus en plus répandue de ces systèmes de traitement de tourbe boueuse pour l'obtention de combustible de teneur en humidité acceptable, offre des perspectives très prometteuses. Dans le passé, l'extraction de tourbe combustible humide était obligatoirement suivi du séchage solaire de cette tourbe. En plus des techniques améliorées d'extraction, permises par la mise au point de la pompe-macérateur de tourbe boueuse, il y a la promesse d'une percée technico-économique dans l'exploitation future de la tourbe, grâce aux puits à tarière, comparativement au rendement passé des systèmes de roulement.

Traitement-assèchement de la tourbe

Comme on l'a fait remarquer ci-dessus, les procédés d'extraction à l'état humide et d'assèchement de la tourbe doivent se compléter lors de la mise au point des techniques modernes de production de tourbe combustible. L'échec économique des anciens projets d'extraction de la tourbe à l'état humide est presque totalement dû à la nécessité du séchage solaire de la tourbe, impliquant des coûts excessifs en main-d'oeuvre pour la manutention et le transport de la tourbe. C'est la raison pour laquelle le Programme d'énergie de la tourbe veut avant tout mettre au point des systèmes de traitement-assèchement. Ces dernières années, des efforts considérables ont été déployés pour la mise au point de techniques de traitement de la tourbe à l'état de boue. Un certain nombre de compagnies privées proposent maintenant des techniques, dont quelques-unes au niveau commercial et industriel, pour le traitement d'alimentations de tourbe à l'état de boue, et

d'importants travaux de recherche et de développement sont en cours aux États-Unis, au Canada et en Europe pour trouver de nouvelles méthodes et des améliorations dans le domaine du traitement et de l'assèchement de la tourbe. Une étude contractuelle du CNRC portant sur les techniques les plus récentes a permis de réunir assez d'information technique et économique sur les procédés industriels pour pouvoir proposer des systèmes théoriques et des modèles d'assèchement et de traitement ultérieur de la tourbe-combustible. La conception d'un système répondant spécialement aux conditions canadiennes pour les types de tourbes et de tourbières, ou d'un système hybride incorporant les meilleurs éléments de la technologie existante, constitua l'objectif initial.

Le Programme d'énergie de la tourbe a permis de subventionner des recherches à l'Université de Sherbrooke : chauffage à vitesse élevée; compression et détente effectuées dans des conditions de sévérité relativement basse si on considère la combinaison de température, de pression et de temps de séjour. Ces méthodes ont permis d'amorcer une séparation sélective des constituants de structure hydrophile variable dans la tourbe boueuse, qui ont ensuite pu être asséchés par filtration sous pression. Un procédé d'assèchement brevetable a ainsi été mis au point.

Des contrats de recherche avec l'Université McGill ont porté sur l'utilisation de produits microbiens comme les polymères, les agents tensio-actifs et les enzymes, pour améliorer l'assèchement mécanique de la tourbe. Le composé biologique le plus efficace était le polysaccharide chitosane. Ce produit a permis d'augmenter radicalement l'efficacité de l'assèchement mécanique, et d'améliorer la qualité de l'eau expulsée. Bien que le projet soit resté en suspens lorsqu'on a mis fin au Programme d'énergie de la tourbe, et avant que les possibilités économiques du procédé puissent être évaluées, certaines applications apparaissent comme pouvant être brevetables.

Il a été démontré que les micro-organismes peuvent être employés pour traiter des matériaux carbonacés dissous dans l'eau expulsée. Les fortes valeurs en DBO de l'eau expulsée peuvent favoriser les milieux de fermentation pour la croissance de micro-organismes et, par conséquent, l'obtention de produits relativement intéressants. Il est ainsi possible de synthétiser des agents de déshydratation, comme le chitosane.

La technique de combustion de la tourbe a pu être améliorée dans le cadre du Programme d'énergie de la tourbe, grâce à un certain nombre de projets, le plus important étant la mise au point de techniques d'alimentation et de combustion de la tourbe dans un gazéificateur-brûleur à deux phases, le brûleur Lamb-Cargate à chambre humide. Avant la fin du Programme, on avait commencé à planifier la conversion temporaire d'une unité de combustion industrielle de déchets de bois pour des essais de combustion de tourbe.

Environnement

Ici, les projets furent principalement parrainés par le Service de la protection de l'environnement d'Environnement Canada (pour les normes de protection de l'environnement), par l'Institut de recherche sur les terres d'Agriculture Canada (stratégies de régénération), et le CNRC (distribution de la faune et conservation des tourbières). On s'attaqua aux problèmes environnementaux de l'exploitation des tourbières, grâce aux démarches suivantes : (a) élaboration et mise au point de normes et de techniques pour la protection de l'environnement, applicables aux procédés d'extraction, de traitement, de combustion et de conversion de la tourbe; (b) mise au point de stratégies de régénération pour les tourbières exploitées; (c) étude de la distribution faunique et de l'habitat dans les tourbières.

Des progrès significatifs furent réalisés dans l'étude du pouvoir de pollution lors de l'extraction, du traitement et de l'assèchement de la tourbe à des fins énergétiques - comme le bouleversement de l'habitat, les effets sur l'hydrologie et l'hydrogéologie, les problèmes particuliers au drainage et à l'extraction, et les poussières passagères libérées par l'extraction à sec. Un modèle conçu pour évaluer les effets écologiques de l'exploitation des tourbières permettra d'étudier plus facilement à l'avenir le pouvoir de perturbation de l'environnement par ce type d'exploitation.

Développement et normalisation du produit

De modestes moyens étaient disponibles au Laboratoire de recherches de l'Atlantique du CNRC, à Halifax, pour des recherches maisons dans le cadre du Programme d'énergie de la tourbe. Entre janvier 1983 et mars 1985, le laboratoire a entrepris des travaux de recherche et de développement pour les produits carbonés/chimiques, et il a participé aux activités d'organismes internationaux de normalisation et de l'Agence internationale de l'énergie.

Des plans furent proposés pour la construction et l'exploitation d'une unité permettant de mettre au point un nouveau procédé de prétraitement thermique-chimique pour la tourbe boueuse extraite à l'état humide. Ce procédé s'appuyait sur une nouvelle conception d'échange thermique, combiné à un fonctionnement à basse température et à l'addition d'agents tensioactifs peut coûteux. Une demande de brevet pour le procédé était en préparation. Le montage et la commande du système furent brutalement interrompus lorsqu'on mit fin au programme de recherche sur la tourbe.

Une évaluation des résultats les plus récents de la production de matériaux carbonés à base de tourbe a permis de conclure que l'utilisation des cokes de tourbe comme agents réducteurs offre des perspectives très prometteuses.

Par contre, il a été déterminé que le marché domestique du charbon activé est trop petit et trop segmenté pour justifier la fabrication de ce charbon à base de tourbe.

Des résultats de travaux expérimentaux sur la fermentation anaérobie de tourbe pressée pour la production de méthane se révélèrent prometteurs, en effet les concentrations d'agents macro et micronutritifs dans le produit pressé Wetox^{R} sont suffisants pour le procédé. On en conclut que le biogaz brut devrait constituer un excellent combustible pour le séchage thermique du combustible dérivé de la tourbe, la quantité étant suffisante pour augmenter la teneur en matières solides de la tourbe asséchée mécaniquement de 50 à 62 %.

Les recherches sur l'utilisation d'extraits de la tourbe pour la production de solvant par fermentation furent elles aussi encourageantes.

PARTICIPATION INTERNATIONALE

Société internationale de la tourbe

La Société internationale de la tourbe (SIT) est une société scientifique et technique, vouée à l'étude de la tourbe et des tourbières. Son principale objectif est de promouvoir une meilleure diffusion de l'information et la coopération internationale pour la recherche et les applications relatives aux sols tourbeux, aux tourbières, à la tourbe et aux matériaux connexes, de façon à réaliser des progrès dans les domaines tant scientifiques et techniques qu'économiques. Le Comité national canadien de l'SIT (CNC-SIT) fut constitué pour aider ses membres grâce aux mesures suivantes : échange d'information et d'idées; coordination et diffusion d'information scientifique, technique et économique, concernant la tourbe et les tourbières; participation à des symposiums nationaux et internationaux, à des excursions sur le terrain, et à leur organisation; visites de centres de recherche, de production et d'utilisation; établissement et maintien de contacts avec des personnes et des organismes oeuvrant dans des domaines connexes; enfin, travaux de recherche portant sur la tourbe et les tourbières.

Le Programme d'énergie de la tourbe, par l'intermédiaire du CNC-SIT, a permis d'établir des liaisons avec la communauté internationale des ingénieurs, des scientifiques et des industriels. Cette liaison a été assurée grâce aux services du Secrétariat et à certaines activités de financement de symposiums et d'ateliers organisés annuellement ou presque dans tout le pays.

Agence internationale de l'énergie

Le Canada participe avec environ 20 autres pays à un Programme énergétique international qui a été mis en oeuvre à la suite de la crise énergétique de 1973/74. L'administration du Programme est assurée par l'Agence internationale de l'énergie (AIE), créée à Paris en tant qu'organisme autonome au sein de l'Organisation de la coopération et de développement économique. Ces pays se sont engagés à mettre en oeuvre des programmes nationaux pour la recherche, le développement et la démonstration en matière d'énergie, et d'entreprendre ensemble certains travaux, y compris des programmes et des projets financés conjointement pour la R et D dans le domaine énergétique.

En 1984, le Canada, l'Irlande, la Finlande et la Suède sont convenus d'entreprendre et de participer à un Programme commun permanent de recherche, de développement et de démonstration dans les domaines de la production et de l'utilisation de la tourbe. L'AIE considère ce Programme comme un élément important de la coopération internationale. Le Canada a participé

aux travaux de l'Annexe 1 (Groupe 1) du Programme, à savoir la coopération pour l'évaluation, la planification et l'application en matière de recherche, de développement et de démonstration pour la production et l'utilisation de la tourbe. La première étape de ce travail consistait à étudier la situation et les possibilités de la technologie, et de proposer des recherches dans les secteurs suivants : production de tourbe broyée et de tourbe mottière; principes fondamentaux de l'assèchement; nouvelles techniques d'assèchement; classification et normes relatives à la tourbe; échange d'information.

Le Canada assumait son rôle par l'intermédiaire du CNRC et du Programme d'énergie de la tourbe; notre pays était principalement chargé de l'étude des principes fondamentaux de l'assèchement (sous-groupe II). Au départ, un contrat fut passé pour étudier la situation de la recherche en matière d'assèchement d'autres matériaux, et tracer un parallèle avec l'assèchement de la tourbe. Cette démarche fut suivie par un atelier de travail à Rivière-du-Loup, auquel des scientifiques de plusieurs pays participèrent pour examiner les relations eau/tourbe et les mécanismes de rétention. Une stratégie de recherches futures fut présentée dans un rapport à l'AIE.

La participation du Canada au Programme d'énergie de la tourbe de l'AIE prit fin en 1985.

PERSPECTIVES

Depuis 1982, le Programme d'énergie de la tourbe a permis de fournir une aide directe aux activités de recherche et de développement pour les applications énergétiques et chimiques de la tourbe au Canada. La première phase d'un Programme quinquennal devant se terminer en 1987 se trouvait à mi-chemin de son achèvement lorsque les fonds furent coupés en 1985. Il s'agissait du seul programme du gouvernement fédéral en R et D, directement lié à la tourbe, et son abandon a donc laissé un vide au niveau d'une ressource offrant de grandes possibilités.

Étant donné qu'aucun programme significatif de R et D pour la tourbe n'existait au Canada depuis les années 1920, les premières années du Programme servirent principalement à remettre le Canada "dans la course" après de nombreuses années de négligence en matière de connaissances et de technologie de la tourbe, comparativement à d'autres pays dans le monde industrialisé. À cet égard, les objectifs immédiats du Programme furent réalisés; en effet, le savoir-faire du Canada passa d'une relative obscurité à un niveau où nos scientifiques et nos ingénieurs pouvaient répondre aux appels de pays en voie de développement pour les aider dans les projets industriels, notamment en Afrique, en Amérique Centrale et en Asie. En fait, nos efforts furent appréciés par d'autres pays industriels ayant une longue expérience scientifique, technique et industrielle dans le domaine de la tourbe. À cet égard, le Programme d'énergie de la tourbe a joué un rôle significatif, dont les autorités canadiennes peuvent être fières. Lorsqu'on considère le budget modeste, tel qu'il apparaît dans l'Introduction, et le contexte actuel, il devient évident que les retombées économiques ont déjà compensé le coût.

Le Programme d'énergie de la tourbe était une des réponses possibles à la crise énergétique; si on considère que le savoir-faire pour les ressources énergétiques classiques du Canada n'était à la portée que de certains exploitants, la crise apparaissait comme réelle. Lorsque celle-ci se dissipa, on commença à s'intéresser de moins à moins au Programme, et la plupart des activités entreprises en 1982 ou plus tard prirent fin en 1984 et 1985. Il est évident que dans la plupart des cas, le temps n'a pas suffit pour mener à bien les projets de recherche.

Politiques nationales pour la recherche et le développement en matière de tourbe

L'expérience dans d'autres pays a montré que la recherche et le développement en matière d'utilisation de la tourbe et des sols tourbeux évoluent plus efficacement lorsqu'ils bénéficient du support de politiques officielles, ainsi que de stratégies et d'objectifs bien définis (d'après

Nicholson, *Peat Policies and Activities in Canada*, CNRC 23353). Les politiques nationales en matière d'énergie en Irlande, en Finlande et en Suède, ont favorisé et suscité des stratégies pour la R et D dans le domaine de la tourbe. Il est clair qu'au Canada, une stratégie ou politique nationale en matière de tourbe est nécessaire pour orienter le développement et l'évolution dans le domaine particulier à ce matériau. Il en est de même à l'échelon provincial, où des politiques de gestion pour le développement industriel de la tourbe et l'utilisation des tourbières sont indispensables pour s'assurer que les possibilités d'utilisation multiple des tourbières soient bien comprises, et que l'on en fasse le meilleur usage. Il est donc très important que le gouvernement fédéral définisse une politique claire en matière de R et D pour la tourbe, et que les provinces créent des comités interministériels pour assurer la coordinnation et la communication au niveau des activités de R et D pour la tourbe.

Tourbières : La ressource

Il faut évaluer le potentiel réel représenté par les tourbières, en tenant compte des besoins de tous les secteurs touchant à cette ressource. Il faut également prendre en considération les caractéristiques régionales et les possibilités d'exploitation des tourbières.

L'inventaire de la ressource, réalisé dans le cadre du Programme d'énergie de la tourbe de 1982 à 1985, donna des résultat significatifs car, grâce à la méthode rationelle utilisée, il a permis d'obtenir une information de premier ordre à un niveau de confiance nationale. Pour le gouvernement fédéral, une démarche appropriée consisterait à mettre à jour la méthodologie ainsi que le Registre des tourbières, et à assurer une meilleure perception de l'information sur la ressource à l'échelle régionale. L'information ainsi accessible aux gouvernements permettrait une rapide utilisation de la ressource pour faire face à d'éventuelles crises énergétiques futures.

Extraction

Le Programme d'énergie de la tourbe a réalisé un progrès technique significatif en ce qui concerne le problème de l'exploitation saisonnière de la tourbe, grâce à la mise au point d'un système d'extraction à l'état humide. Mais, pour cette technologie, il reste beaucoup de problèmes d'ordre économique à résoudre. La R et D dans ce domaine n'a pas été suffisante, et on ne possède pas assez d'expérience récente en matière de coût pour tirer des conclusions d'ordre économique, en particulier dans les domaines de l'extraction de tourbe humide et des opérations de pompage de la tourbe boueuse. Un projet de démonstration en continu à l'échelle industrielle est nécessaire pour évaluer tous les facteurs économiques, y compris les

coûts d'immobilisation et les frais d'exploitation, les contraintes saisonnières, les effets sur l'environnement et les possibilités d'utilisation du produit pour divers types d'alimentations. La Finlande a obtenu de très bons résultats en ce qui concerne le développement de l'équipement, et le gouvernement joue un rôle essentiel en apportant son aide pour les essais sur le terrain d'équipements "domestiques".

Étant donné qu'à court et moyen terme toute utilisation de la tourbe à des fins énergétiques ne pourrait probablement se faire qu'à petite échelle et à un niveau régional, par opposition aux projets nationaux de grande envergure, il est essentiel d'adapter les systèmes de pompage et de transport de la tourbe boueuse à ces besoins, comme on l'a fait pour l'extraction à sec, particulièrement grâce aux machines de coupe et d'extrusion de tourbe mottière.

Assèchement/Traitement

Comme on l'a mentionné ci-dessus, il est possible de tirer avantage de l'extraction à l'état humide pour la production de la tourbe, grâce à l'utilisation de systèmes d'assèchement et de traitement, c'est-à-dire d'unités à faible consommation d'énergie mises au point par la recherche.

Il existe des techniques prometteuses qui, dans certains cas, ne requièrent que des essais à l'échelle d'usine pilote et une évaluation économique pour être appliquées industriellement. Les procédés originaux, mis au point à l'Université McGill et à l'Université de Sherbrooke, faisant appel respectivement à des composés biologiques pour améliorer l'assèchement mécanique, et à un traitement, avec faible consommation d'énergie et sévérité réduite, de la tourbe boueuse pour le fractionnement et la solubilisation de la composante de carbohydrates, en sont au stade du développement et, espérons-le, pourront encore être améliorés grâce à d'autres appuis financiers.

Développement de produits carbonés/chimiques

Bien que l'analyse du marché des produits carbonés/chimiques révèle la possibilité de commercialisation pour le charbon activé, d'autres secteurs de recherche montrent des perspectives prometteuses, avec un développement possible à petite échelle ou à un niveau régional, comme : la biogazéification pour la production de méthane; les applications du carbone comme réducteur; et l'utilisation de produits comprimés comme combustibles, sous forme de briquettes, de billes ou de boulettes.

L'utilisation et l'exploitation de quelque importance de la tourbe et des tourbières au Canada, et même en Amérique du Nord, se limitent pratiquement à l'horticulture, à l'agriculture et à la sylviculture. L'instabilité et

la baisse imprévisible du coût de l'énergie font qu'on s'intéresse de moins en moins, sinon plus du tout, à la tourbe combustible. La R et D a révélé le potentiel énergétique de la tourbe, et du même coup, les possibilités d'obtention de produits chimiques et biochimiques à partir des alimentations à base de tourbe. On entrevoit maintenant la possibilité d'exploiter la tourbe, non seulement pour son énergie, mais aussi pour des produits secondaires, comme les substances organiques, ou vice-versa. Les recherches effectuées sur des tourbes boueuses à des fins énergétiques ont permis d'obtenir un moyen peu coûteux pour la séparation des substances solubles dans l'eau et facilement hydrolysables, ce qui laisse présager des possibilités illimitées pour la fermentation biochimique et les conversions chimiques. L'assèchement à un coût raisonnable de la tourbe laisse entrevoir des perspectives prometteuses pour l'extraction d'asphaltes à partir de tourbe partiellement séchée, et ce même assèchement pourrait servir à obtenir une foule d'autres produits, comme les cires et les résines.

Les conversions thermochimiques, comme la gazéification et la synthèse du méthanol, la pyrolyse et la liquéfaction, laissent entrevoir la possibilité de production de matières chimiques de base, et, après certains traitements, de diverses substances chimiques spéciales.

BIBLIOGRAPHIE

1. Proceedings Canadian Peat Symposium, Fredericton (Nouveau-Brunswick), 1979. 100 pp.

2. Proceedings Symposium on Peat - An Awakening Natural Resource, Thunder Bay (Ontario), 26-28 octobre 1981. 426 pp. ISBN 0-7743-7846-8.

3. Proceedings of Symposium 82 on Peat and Peatlands, Shippagan (Nouveau-Brunswick), 12-15 septembre 1982. 582 pp. ISBN 0-660-52102-4.

4. Proceedings Symposium 83 - Energy from Peat, St. John's (Terre-Neuve), 18-22 septembre 1983. 237 pp. ISBN 0-9692186-0-5.

5. Proceedings of Symposium '85 - A Technical and Scientific Conference on Peat and Peatlands. Part 1: Peat and Peatlands - Resources and Development, Rivière-du-Loup (Québec), 16-20 juin 1985. 550 pp. ISBN 0-9692186-1-3.

6. Peat and Water: Aspects of Water Retention and Dewatering in Peat (EASP, London) (sous presse). Cette monographie représente le Part 2 (Workshop) of the Proceedings of Symposium '85, Rivière-du-Loup (Québec), 16-20 juin 1985.

7. Proceedings of a peatland inventory methodology workshop. LRRI/NFRC.

8. Kesmark Ltd. Study of the technology and costs associated with dredging and overburden clearing operations for the recovery of peat. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 20599.

9. ADI Ltd. Report on a study on the biogasification of peat. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 20600.

10. Washburn & Gillis Assoc. Ltd. Survey of literature on the assessment of the pollution potential of the peat resource. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 20755.

11. Remotec Applications Inc. The use of impulse radar techniques for depth profiling of peat deposits. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 20982.

12. J. Collins. A peat research directory for Canada. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 21000.

13. IEC Beak Consultants Ltd. Fish and wildlife use of peatlands in Canada. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 21238.

14. Washburn & Gillis Assoc. Ltd. Identification of the pollution potential of the harvesting and preutilization processing of peat as an energy commodity. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 22858.

15. Monenco Ontario Ltd. Pollution potential of peat combustion, liquefaction and gasification. Conseil national de recherches du Canada. CNRC n° 22859.

16. John Sheppard. The Technical Research Centre and the Peat Industry in Finland. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 23014.

17. André Marsan et Associés/Conseil Economique d'Alma et du lac Saint-Jean. Essais combustion boudins de tourbe provenant des tourbières du lac Saint-Jean/Combustion tests on sod peat from peat bogs of the Lac Saint-Jean Region, Quebec. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 23015.

18. Monenco Ontario Ltd. An evaluation of alternative wet peat mining systems. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 23016.

19. I. Ismail, Montreal Engineering Company Limited. Process evaluation and conceptual design of plant based on a technical and economic assessment of peat dewatering and peat fuel processes - Phase 1. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Novembre 1983. CNRC n° 22911.

20. Washburn & Gillis Associates Ltd. Evaluation of data from 1982 sampling program of potential pollutants in water and peat samples from three peat bogs in Canada. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 23214.

21. Ontario Research Foundation. Wastewater characteristics of five peat dewatering processes. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 23758.

22. Ontario Research Foundation. Wet oxidation of peat liquid and solid fractions for environmental and energy studies. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 23806.

23. ADI Ltd. Anaerobic fermentation of ORF Wetox peat pressate for the production of methane. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Octobre 1984. CNRC n° 24083.

24. J. Collins and J. Webb, Northern Design and Crafts. Update of a Peat Research Directory for Canada. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Octobre 1984. CNRC n° 24099.

25. K. Clarke-Whistler, W.J. Snodgrass, P. McKee, and J.A. Rosell, IEC beak Consultants Ltd. Development of an innovative approach to assess the ecological impact of peatland developments. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Ecological Background and Preliminary Model Development. Novembre 1984. CNRC n° 24129.

26. FMC Ltd. Use of clostridium butylicum for the production of butanol and acetone from peat pressate. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 24130.

27. CUS. Les actes du Symposium sur la tourbe et les tourbières. Shippigan (N.-B.). 12-15 septembre 1982. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Janvier 1985. CNRC n° 24134.

28. C. Tarnocai, Agriculture Canada. Peat resources of Canada. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Octobre 1984. CNRC n° 24140.

29. D.G. Cooper, C.N. Mulligan, and D.W. Pillon, McGill University. The use of microbes in the dewatering of fuel grade peat. Part 1. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Mai 1984. CNRC n° 24151.

30. J. Philip Nicholson Policy and Management Consultants Inc. (Ottawa). Peat policies and activities in Canada. Vol. I: Highlights. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). CNRC n° 24353. Vol. II: Details. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Décembre 1984. CNRC n° 24354.

32. I.G. Rowe, Lamb-Cargate Industries Ltd. Development of the Lamb wet-cell burner for energy from New Brunswick peat. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Avril 1985. CNRC n° 24430.

32. A.L. Burwash Consulting Ltd., Crozier Information Resources Consulting, and D.W.S. Westlake. Final report on investigation of transferable technology for application in peat dewatering research. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Mai 1985. CNRC n° 24475.

33. Montreal Engineering Company Limited. Carbon products from peat. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Avril 1985. CNRC n° 24492.

34. Monenco Consultants Ltd. Development of design parameters for peat slurry pumping and pipeline transport. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Mai 1985. CNRC n° 25033.

35. D.G. Cooper, D.S. Glass, and D.W. Pillon, McGill University. The use of microbes in the dewatering of fuel grade peat. Part 2. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Août 1985. CNRC n° 25034.

36. Monenco Consultants Ltd. Design and construction of a peat slurry pump/macerator. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Septembre 1985. CNRC n° 25457.

37. T.E. Tibbetts. International Energy Agency Programme of Research, Development and Demonstration on Peat Production and Utilization. Annex 1: Cooperation in Assessment, Planning and Implementation for Research, Development and Demonstration on Peat Production and Utilization. Stage 1. Report of Subtask II: Fundamentals in Peat Dewatering. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). Janvier 1986. CNRC n° 25499.

38. New York State Energy Research and Development Authority and Monenco Peat Group. Peat slurry pumping demonstration project. CNRC n° 27453.

39. Université de Sherbrooke. Solvolyse et fractionnement selectif de la tourbe/Autohydrolysis and fractionation of peat via the UdeS-NRC thermomechanical process. (Sous presse).

40. MONENCO. A demonstration of wet (slurry) mining of a Canadian peat deposit.

41. J. Sheppard. Peat Program Activities at the Atlantic Research Laboratory. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). April 1985.

APPENDICE A : RÉSUMÉS POUR LA DIRECTION

L'appendice présente des résumés à la direction, des sommaires et des propositions, extraits des rapports d'exécutants les plus importants en matière de recherche et de développement pour le Programme d'énergie de la tourbe. Ces textes apparaissent dans l'ordre qui suit :

(1) Politiques et activités (Section A1)
(2) Ressource et inventaire (Section A2)
(3) Extraction (Section A3)
(4) Assèchement-traitement (Section A4)
(5) Environnement (Section A5)
(6) Développement de produits (Section A6)

Le contenu est présenté comme dans les rapports respectifs. Pour plus d'information, le lecteur peut se procurer le rapport complet à l'adresse suivante :

Bureau de vente et de diffusion des publications
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6

A1 POLICIES ET ACTIVITÉS

A1.1 Rapport : *Peat Policies and Activities in Canada: Highlights*, CNRC 24353.
Exécutant : J. Phillip Nicholson, Policy and Management Consultants Inc.

La société J. Phillip Nicholson Policy Management Consultants Inc.(Ottawa) a produit un rapport en deux volumes intitulé, *Peat Policies and Activities in Canada*, en réponse à une proposition non sollicitée qui identifiait le besoin de faire une évaluation de l'état actuel et de l'organisation de la recherche et du développement sur la tourbe au Canada.

L'information et les recommandations contenues dans le rapport sont conçues pour aider les responsables de l'élaboration de politiques et les coordonnateures de programmes à définir les orientations futures de la recherche et du développement reliés à la tourbe au Canada. Le rapport est également destiné à éveiller l'intérêt d'individus et d'organismes, tant dans le secteur public que privé, qui participent activement à des activités reliées à la tourbe ou qui s'intéressent aux tourbières et aux ressources provenant de la tourbe au Canada, et à leur être utile.

Les résultats de l'étude sont présentés en deux volumes, nommément : *Volume I: Highlights* et *Volume II: Details*.

Le *Volume I* intitulé *Highlights* fait le point sur les principaux thèmes et intérêts courants de la recherche et du développement dans le domaine de la tourbe au Canada et à l'étranger. Plus précisement, le *Volume I* renferme une introduction aux tourbières dans laquelle sont tracées les grandes lignes de la nature et l'étendue des tourbières canadiennes et de leur utilité historique ainsi que des intérêts, des préoccupations et de l'expérience d'autres pays engagés dans le développement des tourbières.

La plus grande partie du *Volume I* est consacrée à une vue d'ensemble, à l'échelle nationale, portant sur les questions, les activités et les intérêts canadiens courants au chapitre de la tourbe dans les secteurs public et privé et passe en revue les politiques, les programmes, les lois et les activités coordonnatrices clés des gouvernements fédéral et provinciaux ayant rapport avec la recherche, le développement et la gestion de la tourbe au Canada.

Finalement, le *Volume I* contient des recommandations au chapitre des politiques et de la législation (à la fois aux niveaux fédéral et provincial); de la coordination et des communications; de la recherche et du développement; de la participation internationale; et de la formation et de l'éducation, lesquelles visent à contribuer au développement futur et à l'évolution des activités et des programmes reliés à la tourbe mis en oeuvre au Canada.

Le *Volume II* intitulé *Details* présente des informations détaillées sur l'organisation, les objectifs et la nature des activités ayant rapport à la tourbe et aux tourbières qui sont réalisées au sein des divers organismes des gouvernements fédéral et provinciaux et du secteur privé au Canada. Il décrit en outre les principaux programmes et les principales activités et orientations de la recherche dans sept pays européens et dans plusieurs états américains. Viennent ensuite les annexes, ainsi qu'une présentation sur la législation et les politiques courantes se rapportant particulièrement à la recherche et au développement reliés à la tourbe au Canada. Le contenu de ce volume détaillé constitue la base sur laquelle sont fondés les conclusions, les recommandations et les faits saillants contenus dans le *Volume I: Highlights*.

A2 RESSOURCE ET INVENTAIRE

A2.1 Rapport : *Peat Resources of Canada*, CNRC 24140
Exécutant/chercheur : Agriculture Canada

Au Canada, il existe une superficie de 111 328 × 10^3 ha de tourbières, ce qui représente 12 % de toute la superficie terrestre du pays. En raision des grandes variations que connaissent le climat et les régions naturelles du Canada, ses tourbières présentent un vaste éventail de formes. Les matériaux tourbeux associés à ces tourbières sont identifiés suivant leur composition végétale. Leurs caractéristiques physiques et chimiques dépendent de leur composition végétale et de la région dans laquelle ces matériaux ont été déposés. Au Canada, il existe approximativement 3 004 996 × 10^6 m^3, soit 335 × 10^9 t de tourbe sèche ou 507 × 10^9 t possédant une teneur en eau de 50 %. La valeur énergétique de cette ressource en tourbe est d'environ 6,7 × 10^{21} J. Les techniques actuelles d'extraction ne permettent d'exploiter que les tourbières méridionales, non gelées, dont l'équivalent énergétique est approximativement de 2,7 × 10^{21} J, soit à peu près l'équivalent des ressources houillères du Canada.

A2.2 Rapport : *The Use of Impulse Radar Techniques for Depth Profiling of Peat Deposits*, CNRC 20982
Exécutant : Remotec Applications Inc.

Avec l'intérêt grandissant que suscite l'utilisation de la tourbe comme source d'énergie, la nécessité de mieux connaître nos ressources dans ce domaine se fait du plus en plus pressante. Bien que les techniques habituelles de détection par visualisation fournissent des renseignements sur l'étendue d'une tourbière, il faut encore, pour évaluer le volume de matière en présence, que l'on se rende sur le terrain pour y effectuer des mesures de profondeur. Les résultats d'une étude récemment terminée dans l'est de Terre-Neuve donnent à entendre que les systèmes de radar à impulsions permettent d'obtenir, beaucoup plus rapidement et avec beaucoup moins d'efforts, des renseignements sur la profondeur des tourbières et des estimations du volume de ces dernières qui sont comparables à ceux que donnent les techniques de mesure manuelles. Lorsqu'on l'utilise pour déterminer le profil du sol, le radar à impulsions fournit une image plus detaillée du fond du gisement et il indique la présence des inclusions et des interfaces à l'intérieur de la tourbière.

Les données enregistrées à partir du sol ont été obtenues au milieu de l'été et au début de l'automne à l'aide d'un système de radar de 80 MHz et 400 MHz remorqué par un véhicule tout terrain. Les données enregistrées à partir des airs ont été obtenues pendant l'été, l'automne et l'hiver à

l'aide d'un système de radar de 80 MHz et 120 MHz monté sous un hélicoptère. Dans le cas des profils obtenus à partir du sol, on a enregistré clairement des profondeurs allant jusqu'à 8,1 m de tourbe. Comme il n'y avait pas de gisements plus profonds à proximité de la région où s'effectuaient les travaux la profondeur maximale de détection n'a pu être déterminée. La qualité des données obtenues à partir des airs était en général moins bonne et les résultats étaient limités par la réflexion à la surface de la tourbe. Toutefois, des profondeurs allant jusqu'à 4,8 m ont été déterminées avec succès à une altitude de 1,5 m. C'est la détection ponctuelle effectuée lorsque l'hélicoptère était au-dessus de la surface de la tourbière qui a donné les meilleurs résultats; il est permis de croire que cette méthode serait aussi efficace que les mesures effectuées à partir du sol pour des tourbières plus profondes. Aucune variation saisonnière d'importance n'a été constatée.

Les techniques fondées sur l'utilisation du radar à impulsions devraient pouvoir servir à tous les aspects de l'évaluation des ressources en tourbe. Cependant, comme ces techniques ne semblent pas fournir de renseignements sur la qualité de la tourbe, elles sembleraient plus indiquées pour la reconnnaissance des gisements. Dans la plupart des cas, l'utilisation d'une vitesse de propagation unique pour tous les gisements semblerait justifiée; cependant, dans certains cas, il pourrait être nécessaire de déterminer la vitesse pour chaque gisement afin de minimiser les erreurs absolues. Bien que la technique soit déjà utilisable à l'heure actuelle, il serait bon d'obtenir d'autres données pour mieux comprendre la variabilité de la propagation des ondes de radar à impulsions dans la tourbe. D'autres recherches seront nécessaires pour mettre au point une méthode appropriée pour la détection aérienne.

A3 EXTRACTION

A3.1 Rapport : ***Study of the Technology and Costs Associated with Dredging and Overburden Clearing Operations for the Recovery of Peat,*** **CNRC 20599**

Exécutant : Kesmark Ltd.

Depuis de nombreuse années, le dragage par coupage et aspiration a été considéré comme un moyen économique d'excaver et de transporter de grandes quantités de limon, d'argile, de sable, de gravier et de pierres. Ces dragues consistent en une grande coque flottante supportant un couteau rotatif qui, abaissé dans l'eau, excave un banc de sol à 10-20 m de profondeur. Le couteau rotatif produit une boue de sol et d'eau contenant entre 10 et 30 % de matières solides en poids, qui est aspirée dans une pompe montée à bord qui refoule la boue dans des canalisations pour la transporter à des distances pouvant atteindre 30 km.

Dans l'est du Canada, d'importants volumes de tourbe ont été déplacés par des dragues à couteau et aspiration mais cette tourbe est normalement mélangée avec de la terre. Le dragage par coupage et aspiration de la tourbe seule constitue un travail tout à fait différent.

La structure de la tourbe est différente de celle des sols minéraux et sa densité est inférieure à la moitié de celle de ces derniers. La structure cellulaire de la tourbe est telle qu'elle contient d'importantes quantités d'eau qui ne peuvent être libérées que par l'application de chaleur. Des procédés physiques comme le broyage, la compression ou la centrifugation diminuent sa teneur en eau mais dans une petite proportion seulement. En bref, lorsqu'on pompe de la tourbe, on pompe entre 10 et 20 fois plus d'eau pour un poids donné de tourbe alors que, pour l'argile par exemple, cette proportion serait comprise entre 3 et 6 fois plus d'argile pour un poids d'eau. De plus, la capacité de pompage de la boue est limitée à une concentration maximale de 10 % de tourbe, en poids.

Les dépôts de tourbe sont relativement peu profonds et, pour pouvoir être dragués, ils doivent être à une profondeur supérieure à 2 m; ceux-ci ne dépassent probablement pas les 6 m. Des approvisionnements adéquats en eau doivent être disponibles près du dépôt de tourbe pour remplacer les importants volumes de tourbe et d'eau pompés du dépôt jusqu'à une usine de traitement productrice d'énergie.

Sur place, la compostion de la tourbe combustible varie, celle-ci contenant entre 85 et 97 % d'eau; c'est pourquoi les dépôts choisis pour être dragués doivent avoir une teneur en eau de 90 % ou moins parce qu'il faudrait pomper en volume le double dans le cas d'une tourbe contenant 95 % d'eau pour

obtenir le même résultat. On considère que la tourbe déchiquetée par le couteau de la drague peut être pompée si elle contient 10 % de matières en poids mais une certaine dissolution par l'action du couteau est inévitable. On considère qu'une boue contenant entre 7 et 8 % de matières peut être transportée jusqu'a une usine de traitement. Le niveau de l'eau dans l'étang de dragage doit être maintenu à une profondeur adéquate pour que la drague flotte et cette condition exige probablement que l'étang soit endigué et que le niveau de l'eau de l'étang soit contrôlé par addition d'eau provenant de cours d'eau ou de lacs voisins.

L'équipement de dragage de la tourbe doit être différent de l'équipement de dragage utilisé normalement. La coque de la drague doit avoir un faible tirant d'eau pour réduire au minimum la hauteur des digues de l'étang à construire. Parce que les dépôts de tourbe sont peu profond, la drague doit pouvoir effectuer de rapides mouvements horizontaux. De plus, le couteau doit toujours attaquer et couper le front de taille de la tourbe sans interruption à mesure que la drague avance ou que le couteau oscille d'un côté à l'autre. Enfin, la position du couteau doit pouvoir être contrôlée verticalement dans d'étroites limites pour pouvoir couper continuellement tout le front de taille de la tourbe et, en même temps, éviter de couper dans le fond minéral de l'étang, ce qui contaminerait la boue de tourbe. Le couteau doit être capable de laisser un fond lisse sans crêtes et de déchiqueter les racines et les arbres qui poussent dans la tourbe ou qui s'y sont déposés pendant sa formation. Des étangs ou des réservoirs de compensation sont probablement requis pour alimenter continuellement l'usine de traitement lorsque la drague ne fonctionne pas, par exemple lorsque la canalisation de dragage est déplacée ou que des réparations sont effectuées.

Trois emplacements ontariens ont été sélectionnés pour évaluer l'ordre de grandeur des coûts théoriques d'une tourbe draguée acheminée jusqu'à une usine de traitement. Toutefois, pour les grands dépôts de tourbe, on ne dispose pas de l'information détaillée nécessaire pour faire une étude de faisabilité du dragage d'un emplacement spécifique; les recherches nécessaires restent à faire. Il existe toutefois de nombreuses grande zones de tourbe en Ontario, suffisamment étendues et profondes pour convenir au dragage.

Les estimations des coûts de dragage de la tourbe, basées sur les conditions décrites dans ce rapport indiquent que, pour une durée de la drague de 20 ans, les coûts du dragage en dollars de 1981 seraient de l'ordre de 3 à 5 $ par tonne de tourbe sèche acheminée jusqu'à une usine de traitement à l'état de boue aqueuse contenant entre 7 et 8 % de tourbe en poids. Les coûts de la tourbe contenant 50 % d'humidité, utilisée pour la production de vapeur en Europe, si elle était acheminée sous forme d'une boue semblable, seraient inférieurs de moitié.

Il est peu vraisemblable que le dragage de la tourbe puisse être effectué au cours des trois ou quatre mois hivernaux, sauf à des coûts accrus excessifs et, par suite, il faut prévoir des installations de compensation ou de stockage pour cette période, selon les exigences de l'usine. Toutefois, il convient de remarquer que Steep Rock et Caland Mines ont dragué de la tourbe pendant plusieurs années dans un climat ontarien très froid et ont explité leur installations sans interruption pendant les hivers.

Pour faire fonctionner avec un rendement maximal une drague de 16 po dans la tourbe, il faut l'expliter 24 h par jour pendant toute la saison de dragage et il est par conséquent nécessaire que l'usine de traitement ait des dimensions importantes. On croit qu'il est peu pratique d'utiliser des dragues d'une dimensions inférieure à 16 po parce qu'elles sont probablement trop petites pour déchiqueter les racines et les arbres et consommeraient des quantités excessives d'énergie et de main-d'oeuvre pour pomper la tourbe à des distances appropriées. Les dragues de 30 po et plus sont des machines lourdes et leur utilisation ne peut être envisagée que pour draguer des dépôts de tourbe exceptionnellement étendus et profonds.

En résumé, cette étude indique que les dragues à tourbe doivent être capables d'excaver les dépôts profonds très étendus de tourbe combustible trouvés, par exemple, en Ontario. Les boues de dragage ainsi produites sont acheminables par des canalisations jusqu'à une usine de traitement productrice d'énergie qui, de préférence, utiliserait le procédé par voie humide.

A3.2 Rapport : ***An Evaluation of Alternative Wet Peat Mining Systems,*** **CNRC 23016**
Exécutant : Montreal Engineering Co. Ltd.

Au cours de l'étude, on a examiné de nombreuses données sur les systèmes réels d'exploitation de tourbe humide utilisés auparavant ou en cours d'utilisation. Il faut noter tout particulièrement l'expérience de la Russie qui a exploité la tourbe humide et pompé la tourbe en suspension de 1915 environ jusqu'au début des années 1960, soit durant près de cinquante ans. Au début des années 1950, la production annuelle de tourbe par voie humide en URSS se chiffrait approximativement à 10 millions de tonnes (tourbe séchée à l'air).

En URSS, on a abandonné le système d'exploitation de la tourbe par voie humide (tourbe hydratée) au début des années 1960 en faveur de méthodes par voie sèche (tourbe broyée). Même si le système ne demandait pas une mécanisation poussée, il a été abandonné principalement parce que le séchage et la récolte exigeaient une main-d'oeuvre importante, ainsi que de nombreux déplacements et modifications physiques associés aux canalisations servant

à épandre la tourbe en suspension. L'exploitation par voie humide examinée au cours de l'étude ne nécessite ni séchage au soleil ni récolte.

Contrairement aux autres, la présente étude examine en détails les caractéristiques importante de la tourbe (humidité, degré de décomposition, type de tourbe, teneur en cendres, quantité de souches, etc.) et leurs effets sur les différents procédés d'exploitation examinés, entre autres leur relation avec les paramètres clés du pompage de la tourbe en suspension. Par exemple, on a étudié en détail la relation entre la concentration de solides (un paramètre clé du pompage de la tourbe en suspension, qui est directement relié à la production) et des facteurs comme le type de tourbe et le degré de décomposition.

On n'a choisi que des méthodes susceptibles de satisfaire certaines exigences, en vue d'évaluer de façon plus approfondie les méthodes d'exploitation de la tourbe par voie humide. Voici certaines de ces exigences : production d'une qualité courante de matière première (destinée à la transformation combustible), utilisation du matérial actuellement disponible sur le marché, récupération efficace de la tourbe, etc.

Le présent rapport examine des opérations à plus petite échelle que celles des systèmes examinés dans des rapports précédents (p. ex. les études récentes sur le dragage de la tourbe). L'exploitation de la tourbe à petite échelle produit environ 50 000 t/a, et l'exploitation à grande échelle, 1×10^6 t/a (tourbe séchée à l'air, d'une teneur en humidité de 50 %).

Dans chaque cas, soit dans les tourbières non drainées et drainées, on a choisi quatre méthodes d'exploitation par voie humide. On décrit les diverses méthodes et on en étudie les avantages et les inconvénients. Le choix final de la méthode la mieux appropriée à chaque cas (soit les tourbières non drainées et drainées) tenait compte des exigences suivantes relatives à l'exploitaion et aux matières premières:

- exploitation : caractéristiques de la tourbe et de la tourbière (type de tourbe, qualité de la tourbe, importance du dépôt, teneur en humidité, profondur, degré de décompostion, teneur en cendres, nombre de souches).

- matières premières : qualité de la tourbe en suspension utilisée comme matières premières pour le traitement (teneur optimale en solides, capacité maximale de pompage, pertes minimales de pression dans les canalisation, suspension de grande qualité, caractéristiques de préparation).

En vue de choisir une méthode appropriée à chaque cas (soit les tourbières non drainées et drainées), on a dressé la liste d'un certain nombre de

facteurs (15) (techniques, économiques, environnementaux, etc.) et on a attribué une pondération numérique pour indiquer l'importance relative de chacun lors du choix d'une méthode d'exploitation. Pour chaque méthode, on a ensuite attribué une cote à chaque facteur en vue de classer les méthodes. La méthode avec la cote la plus élevée faisait ensuite l'objet d'une étude économique plus poussée.

Dans le cas des tourbières non drainées, la méthode choisie de la façon décrite ci-dessus a été l'excavation en vrac au moyen d'une drague amphibie. Dans le cas des tourbières drainées, c'est le système de dragage avec pompage de la tourbe en suspension qui s'est le mieux classé.

Dans le cas de l'exploitation par voie humide des tourbières non drainées, l'excavation en vrac au moyen d'un drague amphibie a présenté, semble-t-il, certains avantages techniques bien précis, liés essentiellement à la souplesse et à la maniabilité de la drague amphibie. Il s'agit d'une machine autopropulsée (qui se déplace comme une tortue), n'exigeant qu'une faible profondeur d'eau pour se déplacer. (Aucune inondation importante au préalable de la surface de la tourbière). Le modèle actuel possède une pelle rétrocaveuse pour effectuer l'excavation, ce qui tend à limiter le rendement.

L'exploitation de la tourbe humide des tourbières drainées (ou partiellement drainées) au moyen d'une drague aspirant la tourbe en suspension représente une tentative de réunir les deux éléments clés de la méthode précédente d'exploitation de la tourbe hydratée (les "hydro monitors" et la pompe pour la tourbe en suspension), de modifier et d'améliorer le matériel et de l'utiliser simultanément avec la technologie nord-américaine en vue d'obtenir un système d'exploitation à haut rendement. On savait que les "hydro monitors" étaient efficaces pour la tourbe et que la pompe spécialement conçue pour la tourbe en suspension pouvait donner des caractéristiques satisfaisantes permettant d'obtenir des conditions optimales de pompage. Il a fallu trouver une embarcation susceptible de fonctionner dans des conditions de tirant minimal (p. ex. grande drague amphibie ou barge sur coussin d'air) pour maintenir la teneur en solides requise et fonctionner sur une tourbière drainée ou partiellement drainée.

Pour obtenir des conditions optimales de pompage de la tourbe en suspension (p. ex. capacité maximale de pompage, distance maximale de pompage, diamètre minimal des canalisations), on tient compte de facteurs comme la teneur en solides, la viscosité, le débit et les pertes de pression. Il est possible de déterminer ces paramètres en utilisant les données et les méthodes de calcul relatives au pompage de la tourbe en suspension, mises au point précédemment en URSS. Il faut obtenir un certain degré de corrélation entre les systèmes de saisie de données employés en Europe et au Canada et

la mise au point de nouvelles méthodes de laboratoire, pour tirer profit des données européennes actuelles sur le pompage de la tourbe en suspension.

Dans le cas des opérations actuelles d'exploitation de la tourbe humide, on recommande de fabriquer pour la tourbe en suspension une pompe spéciale susceptible de posséder des caractéristiques de préparation de la tourbe de haute qualité (soit broyage, coupe et mélange suffisants) et permettant aussi de pomper la suspension sur une distance maximale.

On a calculé les coûts d'utilisation des deux méthodes d'exploitation convenant le mieux aux tourbières non drainées et drainées. On a calculé un coût unitaire uniforme (y compris les coûts d'investissement et d'exploitation) pour l'excavation de la tourbe en vrac au moyen d'une drague amphibie (utilisée pour une tourbière non drainée); ce coût est de 30,20 $/t (pour une teneur en humidité de 50 %). De la même façon, on a calculé un coût unitaire uniforme de 6,68 $/t pour la méthode utilisant une drague avec pompage de la tourbe en suspension (pour une teneur en humidité de 50 %). La production annuelle s'est chiffrée, dans les deux cas, à 50 000 t et à 250 000 t de tourbe séchée à l'air (pour une teneur en humidité de 50 %), respectivement.

Même si l'exploitation d'une tourbière non drainée ne requiert préalablement que peu de préparation ou de drainage en surface, notamment par rapport aux méthodes d'exploitation par voie sèche, on a constaté que le matériel nécessaire à ce type d'exploitation (excavation de la tourbe en vrac par drague amphibie) entraînait des coûts d'investissement relativement élevés par unité de capacité installée, en comparaison du système choisi pour exploiter une tourbière drainée (drague aspirant la tourbe en suspension). La méthode d'excavation de la tourbe en vrac, qui a été sélectionnée, avait également, semble-t-il, une capacité trop faible et exigeait les mêmes ressources en main-d'oeuvre que la méthode utilisant une drague aspirant la tourbe en suspension, dont la production était plus élevée. La souplesse d'utilisation et la maniabilité de la drague amphibie à la surface des tourbières en donnent une impression favorable; c'est pourquoi une étude plus poussée de la méthode d'exploitation par voie humide utilisant cet équipement est probablement justifiée.

Une comparaison des facteurs économiques et techniques a fait ressortir certains avantages de l'exploitation par voie humide : p. ex. augmentation de la capacité unitaire, augmentation du rendement par mètre cube de tourbe brute, diminution des exigences de superficie active et main-d'oeuvre moins importante. Cependant, si on compare avec la méthode utilisant de la tourbe broyée (méthode par voie sèche), les exigences énergétiques totales pour 1000 t de tourbe séchée à l'air sont plus élevées pour les méthodes d'exploitation par voie humide.

Le cadre de la présente étude n'a pas permis d'approfondir le domaine du pompage de la tourbe en suspension. On recommande d'entreprendre des recherches plus poussées sur la rhéologie de la tourbe en suspension et d'utiliser les données considérables accumulées en Europe pour vérifier les hypothèses et les résultats présentés dans le présent rapport.

A3.3 Rapport : *Development of Design Parameter for Peat Slurry Pumping and Pipeline Transport*, CNRC 25033
Exécutant : Monenco Consultants Ltd.

Le travail préalable effectué dans le cadre de cette étude révèle que la tourbe et les tourbières d'Amérique du Nord ont les mêmes caractéristiques que celles de Russie. En fait, quelques essais en laboratoire d'échantillons nord-américains ont montré que les types de tourbes et de tourbières d'Amérique du Nord correspondent très bien à ceux du système russe. On a donc déduit que la corrélation entre les tourbes et les tourbières d'Amérique du Nord et celles de Russie est positive, et que les caractéristiques de types semblables de tourbes sont très proches. Mais, en raison de l'insuffisance de données statistiques de base, les résultats positifs présentés à la partie 3 doivent être considérés comme provisoires, et devront être confirmés par un échantillonnage plus vaste et des essais pratiques de pompage.

À notre connaissance, tous les travaux récemment publiés qui renferment de l'information sur le degré d'humification (décomposition) des tourbes nord-américaines font appel pour leur caractérisation à des méthodes s'appliquant sur le terrain (ex. : von Post). Dans le cas de la présente étude, il a été nécessaire de reprendre la méthode de laboratoire russe pour la mesure du degré de décomposition, afin d'obtenir des résultats comparables, en effet toutes les données russes relatives au degré de décomposition ont été obtenues par cette méthode.

La méthode de laboratoire fut appliquée de façon satisfaisante avec des tourbes du Canada et de l'État de New York; l'information ainsi recueillie sur les caractéristiques de la tourbe peut être utilisée pour le calcul des systèmes d'extraction de tourbe à l'état humide, au moyen de l'équipement de type "hydrotourbe".

Il est possible de comparer le degré de décomposition et la viscosité des tourbes nord-américaines et russes (aux caractéristiques qualitatives semblables), car l'expérimentation a été effectuée avec un équipement de laboratoire de même conception et à l'aide des mêmes méthodes dans les deux cas.

Les corrélations de viscosité suivantes furent établies à partir des essais en laboratoire :

(a) Entre les caractéristiques qualitatives de la tourbe (type de tourbe, degré de décomposition, teneur en cendres), et les valeurs de viscosité de la boue.
Les divers types de tourbe ont des valeurs de viscosité propres selon leur composition (chimique et physique), qui à son tour est fonction des végétaux formant la tourbe et de l'environnement dans lequel celle-ci se forme. Les viscosités les plus élevées étaient observées dans le cas des tourbes à faible degré de décomposition, comme les tourbes de sphaignes ou de sphaignes mixtes, avec en moyenne 10 à 15 % de degré de composition (ou H2-H4 avec la méthode von Post). La viscosité diminue à mesure que le degré de décomposition augmente. Le programme d'essais en laboratoire ne comprenait pas l'étude de la relation entre la teneur en cendres et la viscosité de la tourbe, du fait que les effets de cette teneur et du degré de décomposition sur la viscosité de la tourbe sont interdépendants. On a aussi étudié la corrélation entre les valeurs de viscosité de tourbes boueuses nord-américaines et russes, pour différentes caractéristiques qualitatives de la tourbe. On peut prévoir de 4 à 6 % (en poids) de concentration de matières solides lors du pompage de tourbe boueuse canadienne à l'aide de l'équipement "hydrotourbe". Les résultats doivent être considérés comme provisoires, car les données statistiques obtenues ne sont pas suffisantes, et il reste à effectuer des essais pratiques de pompage.

(b) Entre la teneur en matières solides et la viscosité de la tourbe boueuse.
La viscosité d'une tourbe boueuse diminue proportionnellement à la diminution de la teneur en matières solides, et vice-versa.

(c) Entre les effets de la macération d'une tourbe boueuse et la viscosité de cette tourbe.
La viscosité d'une tourbe boueuse diminue avec l'augmentation du degré de macération, c'est-à-dire que la viscosité diminue lorsqu'on intensifie le "traitement" de cette tourbe. Il apparaît que pour des tourbes de viscosité élevée, l'effet de la macération est plus significatif que dans le cas de tourbes boueuses moins visqueuses.

(d) Entre la température et la viscosité de la tourbe boueuse.
La viscosité d'une tourbe boueuse diminue lorsque la température de la boue augmente, autrement dit plus la température d'une boue est basse, plus sa viscosité sera élevée.

Antérieurement aux présents travaux, une étude approfondie de la documentation traitant de la rhéologie des tourbes boueuses a révélé qu'il n'existait pratiquement aucune information à l'Ouest, particulièrement dans le domaine de la conception de systèmes de pompage de tourbe boueuse. En 1982, une étude de faisabilité pour l'extraction de tourbe à l'état humide, effectuée par une grande firme d'ingénierie, a retenu l'hypothèse voulant que la tourbe boueuse se comportait comme une boue de pâtes et papier, et on a conçu un système d'extraction fondé sur cette supposition. Par contre, l'extraction de tourbe humide par la méthode "hydrotourbe" est pratiquée depuis de nombreuses décennies en URSS, et on en a conclu que l'information provenant de cette source pourrait constituer un point de départ raisonnable pour l'étude des possibilités de systèmes d'extraction de tourbe à l'état humide, adaptés aux caractéristiques de la tourbe et des tourbières nord-américaines.

Les méthodes de calcul des principaux paramètres de pompage et de transport par pipeline de la tourbe boueuse (comme la concentration de matières solides, la capacité de la pompe, la longueur et le diamètre du pipeline, la résistance du système, etc.), sont fondées sur l'information obtenue à partir de l'expérience russe. Ces méthodes tiennent compte du fait que les divers paramètres de pompage de la tourbe boueuse dépendent des caractéristiques de la tourbe (par ex. le type de tourbe, le degré de décomposition, la teneur en cendres, etc.). En outre, un calcul pour l'optimisation du système a été élaboré, qui tient compte à la fois des aspects hydrauliques et d'extraction, comme la dilution causée par les jets d'eau ("hydromoniteurs") lors de la coupe de la tourbe, dilution rendue nécessaire pour l'écoulement des matières solides à la pompe, tous ces facteurs permettant de réduire la concentration de tourbe boueuse pour une production maximale en tourbe. Deux programmes informatiques furent élaborés par Monenco pour augmenter la vitesse et la précision des calculs, dont les exemples figurent dans le rapport.

La méthode de calcul tient compte des caractéristiques de pompage de la pompe-macérateur de tourbe boueuse ("hydrotourbe"), machine qui fut spécialement conçue pour l'extraction de tourbe à l'état humide, et qui comporte plusieurs caractéristiques originales, comme une section de macération et un déflecteur externe.

Un essai de pompage réel sur le terrain (faisant appel à un modèle russe modifié de pompe pour tourbe boueuse) est proposé pour vérifier les méthodes de calcul du système de pompage de ce type de tourbe. La concentration de solides pendant l'essai peut être mesurée et comparée aux valeurs obtenues en laboratoire et par calcul sur ordinateur. Les valeurs calculées de la concentration optimale de solides de la boue et les autres

paramètres de pompage et de transport par pipeline (capacité de la pompe, chute de pression, distance de pompage, etc.) peuvent être comparés aux résultats d'essais sur le terrain obtenus avec le système proposé de pompage et de transport par pipeline à l'échelle industrielle. Les essais sur le terrain peuvent aussi servir à vérifier la méthode russe pour la prévision de la teneur optimale en solides d'une tourbe boueuse, à l'aide de la méthode dite du "spectre botanique".

Pour effectuer l'essai de pompage de boue, il est conseillé de construire une pompe-macérateur de tourbe boueuse, ayant les mêmes caractéristiques que le modèle russe le plus récent.

Pour l'extraction comme telle, l'expérience a montré que la technique "hydrotourbe" nécessite des gisements de tourbe dont le degré minimal de décomposition est de 15 %, et l'épaisseur d'au moins 2 m.

A3.4 Rapport : ***Design and Construction of Peat Slurry Pump/Macerator,*** **CNRC 25457**

Exécutant : Monenco Consultants Ltd.

S'il y a un seul paramètre-clé, dont l'expérience a montré qu'il était essentiel tant pour la performance technique qu'économique du système de pompage de tourbe boueuse, c'est la macération de la tourbe dans la masse boueuse. Monenco a étudié les divers aspects de la technique d'extraction de tourbe boueuse et a évalué plusieurs types de macérateurs et de pompes à boue, dont beaucoup avaient déjà fait l'objet d'essais en Europe. Mais, seule la pompe russe pour tourbe boueuse s'est révélée une pièce d'équipement ayant fait ses preuves, et elle fut proposée pour l'essai de démonstration.

L'originalité de la pompe russe : elle est équipée d'un déflecteur de souches et de racines, extérieur à la pompe, et de roues coupantes dans la section de macération de la pompe, nécessaires pour obtenir le degré de macération voulu.

On procéda à l'étude des modèles russes antérieurs de pompes à tourbe boueuse, ainsi que de leurs caractéristiques de rendement et de tolérances aux matériaux, afin d'obtenir les spécifications nécessaires à la fabrication de la pompe à tourbe boueuse.

Après de nombreux échanges avec des fabricants de pompe, et beaucoup d'idées nouvelles, en particulier dans le domaine de la configuration du macérateur et (ou) de la pompe, seul Allis-Chalmers Canada Inc. a proposé de dessiner et de construire un modèle semblable à la pompe russe pour tourbe boueuse.

La conception de la pompe Allis-Chalmers était fondée sur un modèle antérieur de pompe à hélice de capacité variable (ACAP) pour l'alimentation en papier de machines. La pompe ACAP possédait une capacité variable, grâce à la recirculation interne, rendue possible par la variation du jeu entre la roue et la plaque d'usure. On observa qu'en augmentant ce jeu, il était possible de pomper une alimentation de consistance plus élevée, et en même temps d'améliorer la circulation d'air. Le nouveau modèle de pompe-macérateur de tourbe boueuse permettait également d'augmenter le jeu au niveau de la plaque d'usure.

Caractéristiques du modèle Allis-Chalmers :

- entrée-macérateur plus grande pour réduire les risques d'obstruction;

- modification de la carcasse pour permettre la connexion de 14 po avec le macérateur;

- jeu entre la roue et la plaque d'usure ajusté au départ à 1 po pour que la recirculation suffise à déloger toute bulle d'air entraînée, se formant dans l'oeil de la roue. On faisait varier ce jeu de 0,03 à 1,0 po;

- entraînement par courroie en V pour permettre le montage vertical d'un moteur normal de 150 HP, 1800 tr/min, et une vitesse de pompage de 1000 tr/min. Ce système permettait de modifier la vitesse, ce qui, avec la variation du jeu, donnait de plusieurs combinaisons vitesse/jeu avec des concentrations croissantes de solides (Allis-Chalmers a fourni les poulies pour des pompes fonctionnant à 100, 800 et 1000 tr/min);

- palier inférieur lubrifié à l'eau, et palier de butée supérieur monté sur la plaque de base;

- le jeu mesuré à partir de l'entrée au couteau statique jusqu'au déflecteur a été augmenté de 2½ à 4½ po de façon à éviter l'accumulation de tourbe, de racines et d'autres débris;

- le jeu entre le guide d'avancée et la roue axiale, ainsi qu'entre le couteau statique et la roue axiale, a pu être ajusté de façon à ce que le jeu maximum ne dépasse jamais 1,00 mm;

- le système de godet graisseur a été converti à la lubrification à l'eau par simple connexion d'une alimentation d'eau au circuit de graisse. On a évalué à 2-3 USGPM d'eau propre les besoins du système;

- les matériaux utilisés pour les principales composantes de la pompe-macérateur étaient les suivants :

- carcasse de la pompe, plaque latérale, couverture de stuffing-box, logement des paliers - fonte
- roue - matériau inoxydable 316SS
- colonne et plaque de base - acier doux
- montage déflecteur-macérateur - matériau inoxydable CA6NM.

Un essai de rendement en atelier de la pompe-macérateur de tourbe a été effectué pour déterminer son efficacité sur l'eau à 1000, 800 et 600 tr/min. Des essais ont été pratiqués avec un jeu minimum de la plaque d'usure, à 1000 tr/min, de façon à pouvoir mesurer la hauteur maximale et la puissance en HP absorbée par la pompe. Tous les autres essais ont été conduits avec un maximum de 1 po de jeu de la plaque d'usure, afin de déterminer la hauteur minimale obtenue avec la pompe-macérateur dans ces conditions. Le déflecteur de souches fut retiré pendant le dernier essai pour déterminer la puissance en HP qu'il absorbait.

Les essais avec l'eau ont montré que la pompe-macérateur était fabriquée conformément aux spécifications initiales de rendement de Monenco, et qu'il n'y avait aucune difficulté de pompage de l'eau, ni aucune carence ou mauvais fonctionnement, dignes d'être mentionnés.

Le rendement global de l'unité pour l'essai #1 a 1000 tr/min, avec 0,03 po de jeu pour la plaque d'usure, était de 60,5 %, au point de rendement maximal (PRM), ce qui est supérieur au rendement de tout autre modèle connu de pompe-macérateur. Cette performance supérieure serait due au rendement élevé de la pompe Allis-Chalmers, qui est de l'ordre de 81 % au PRM.

Comme on pouvait le prévoir, le rendement a baissé à 33,2 % pour l'essai #2, lorsque le jeu de la plaque d'usure a été augmenté à 1 po (jeu maximal). Cette diminution du rendement était attribuable à la recirculation à l'intérieur de la roue. Il est à prévoir que l'ajustement de la plaque d'usure permettra de pomper des tourbes boueuses de concentration plus élevée, et aussi de surmonter les problèmes d'air dans la pompe, provoqués par l'entraînement très important d'air dans la tourbe.

On s'attendait à ce que le macérateur et le déflecteur de souches augmente les besoins en puissance de l'unité, mais qu'une partie de l'énergie dépensée pour entraîner le macérateur et le déflecteur augmente la hauteur de refoulement de la pompe. Cela ne fut pas le cas. La hauteur obtenue sans macérateur, mais avec la puissance correspondante, a augmenté d'environ 33 % au PRM. Il est intéressant également de noter que l'écoulement au PRM est passé de 3000 USGPM à 4000 USGPM. Cela était peut-être dû à l'accroissement de 10 à 14 po du diamètre de l'entrée de l'aspiration.

Cependant, dans l'autre essai, la hauteur était moins élevée que prévu. Cela s'explique peut-être par le fait que la perte de hauteur pour le déflecteur et le macérateur n'est pas proportionnelle au carré de la vitesse, comme c'est le cas pour la hauteur produite par la pompe avec, comme conséquence, une perte macérateur correspondant à un pourcentage élevé de la hauteur totale produite par la pompe. Au PRM, la hauteur diminue de 9 % lorsque le déflecteur est retiré.

Le tracé des lectures de vibration-vitesse sur le diagramme de sévérité de la machine, montre qu'il n'y avait pas de carences fondamentales au niveau de la dynamique mécanique, et que la plupart des lectures se situaient dans l'intervalle bon et très bon, avec une seule lecture à faible écoulement dans l'intervalle moyen, ce qui était à prévoir au faible écoulement de 546 USGPM. Certaines lectures à d'autres écoulements se situaient même dans l'intervalle de régularité supérieure.

Il faudra effectuer des essais sur le terrain dans les conditions réelles des tourbières pour déterminer l'efficacité finale du modèle de pompe et de macérateur avec la tourbe boueuse, et pour vérifier si des améliorations peuvent être apportées au modèle.

A3.5 Rapport : ***Peat Slurry Pumping Demonstration Project,*** **CNRC 27453**
Exécutant : Carlson 7 Sweatt - Morenco Inc.

1. L'essai de démonstration de la pompe de tourbe boueuse fut terminé pendant l'été 1985 dans une tourbière de l'État de New York. En plus d'évaluer le rendement de la pompe et du système de transport par pipeline de la tourbe boueuse, l'essai sur le terrain permit de procéder à la démonstration de la technique d'extraction de tourbe à l'état humide, avec évaluation de l'efficacité de la préparation de tourbe boueuse à l'aide d'un système de jets d'eau à haute pression. Les principaux paramètres relatifs au pompage et au transport par pipeline de la tourbe boueuse furent étudiés.

2. Des retards dans le financement du projet et dans sa mise en route jusqu'à la fin de l'automne, début hiver, 1984/85, empêchèrent l'utilisation d'une tourbière vierge, à cause d'autres retards prévus pour l'obtention des autorisations environnementales et pour la période de temps requise par le drainage de la tourbière après l'exécution des tranchées. Par conséquent, le choix s'est orienté vers des tourbières déjà drainées ou vers des tourbières déjà en exploitation, de façon à se conformer à l'échéancier du projet. Le choix final d'un site acceptable pour le projet de démonstration fut fait à la suite d'une étude

de l'information accessible quant aux ressources en tourbe de l'État, d'échanges avec divers propriétaires et exploitants de tourbières, et de visites de tourbières, toutes ces démarches étant présentées dans un rapport provisoire intitulé "Site Selection Report"; c'est la tourbière de Bob Murphy, près de Vestal dans l'État de New York, qui fut retenue comme le lieu le plus approprié pour les essais. La facilité d'accès, l'emplacement près d'une ville, un seul propriétaire pour la tourbière, l'existence de toutes les installations nécessaires sur la propriété ou à proximité, et un permis d'extraction de tourbe, etc., déjà émis étaient tous des facteurs importants qui ont influé sur le choix final.

3. Les éléments suivants ont été considérés pour le choix de la tourbière Bob Murphy :

   - la surface totale du gisement était de 3,2 acres (1,3 ha), et l'épaisseur de la tourbe variait de 13,8 à 16,1 pi (4,2 à 4,9 m), ce qui représentait des valeurs tout à fait indiquées pour les essais.

   - le gisement était de type tourbe combustible;

   - il n'y avait pas d'arbres à la surface, à part quelques petits arbustes, et il ne fut donc pas nécessaire d'enlever la végétation pour l'essai (d'où un coût moindre pour la préparation et la regénération du lieu);

   - l'approvisionnement en eau était suffisante selon le propriétaire de la tourbière (qui connaissait bien les formations aquifères locales, comme les puits de la ville de Vestal sur sa propriété);

   - il y avait une aire suffisante pour le confinement de la boue;

   - aucun problème environnemental n'était à prévoir, car la propriété voisine appartenait à M. Murphy qui détenait un permis d'extraction minière. De plus, M. Murphy possédait des ateliers de réparation et d'entretien pour les machines et disposait des services et des spécialistes en mécanique, ainsi que de l'équipement, etc., déjà en place dans l'exploitation voisine de gravier et de béton;

   - plus tard, un autre échantillonnage du lieu révéla des teneurs en cendres supérieures à celles qui avaient été indiquées initialement; il fut nécessaire d'effectuer une analyse détaillée d'échantillons du site pour finalement choisir une couche de tourbe à teneur minimale en cendres (intervalle de 10 à 22 %, et moyenne de 18,2 %, poids sec), située à environ 6,6 à 11,8 pi (2,0 à 3,6 m) de profondeur;

- la teneur en humidité est en moyenne de 82,3 % ou l'équivalent de celle d'une tourbière drainée;

- le degré de décomposition varie de 16 % à 24 %, avec en moyenne 20,1 %, du fait que la majeure partie du gisement était composée de tourbe de qualité combustible (degré d'humification von Post de H6,6 en moyenne).

4. Avant l'essai, on procéda aux opérations suivantes pour préparer le terrain :

   - construction de 2350 pi de voies d'accès à la tourbière (env. 715 m);

   - excavation d'un canal d'approvisionnement en eau (500 pi de longueur par 45 pi de largeur par 7 pi de profondeur);

   - construction d'un réservoir d'une capacité de 22 400 verges-cubes à l'aide de matériaux recueillis sur place, particulièrement des argiles, des silts et des graviers extraits du fond du réservoir pour l'aménagement des bermes;

   - avant la mise en place de l'équipement, préparation de la surface du gisement de tourbe (env. 450 pi par 250 pi), pour enlever les hautes herbes et quelques arbustes;

   - avant les essais de pompage, jalonnement de toute la surface d'extraction (puits, tranchée, fosse, etc.) à l'aide de poteaux de bois plantés à la surface de la tourbe; de plus, des conduits gradués en acier de 20 pi furent introduits dans la tourbe pour indiquer la profondeur pendant l'extraction.

5. Il fallut fabriquer et (ou) monter sur place diverses pièces d'équipement :

   - un support fut fabriqué à l'aide d'un treuil à double tambour et d'un mât de 32 pi pour monter et abaisser la pompe de tourbe boueuse à l'intérieur et hors de la fosse d'extraction;

   - une station de réglage par vannes fut aménagée à côté du support, avec une commande électrique de mise en route/arrêt de la pompe, deux vannes pour régler l'écoulement de la boue et un système pour l'évacuation de l'air. Les vannes devaient surtout servir à régler le débit de la boue pendant les opérations de pompage. Le système d'évacuation de l'air fut installé pour étudier d'éventuels problèmes d'entraînement d'air dans le système de pompe et de pipeline;

- le système de jet d'eau fut monté sur place; il comprenait une pompe principale pour l'approvisionnement en eau à basse pression (2000 USGPM), qui amenait l'eau par une canalisation de 100 pi par 10 po à deux pompes haute pression, et de là, à travers une conduite en acier de 200 à 270 pi par 6 po et des tuyaux en caoutchouc, jusqu'aux deux jets d'eau;

- l'alimentation électrique de la pompe-macérateur de tourbe boueuse était assurée par un générateur diesel-électrique GMAC de 470 hp. L'énergie du générateur était transmise par un câble au moteur électrique de 150 hp, 1800 t/min, 460 V, monté sur la pompe à boue;

- un approvisionnement en eau propre était nécessaire pour la pompe, à une débit de 5 USGPM, aux fins de lubrification des paliers de la pompe principale;

- il fallut connecter 860 pi de tuyau en PVC 12 po pour convoyer la tourbe boueuse à partir de la station de réglage des vannes jusqu'au réservoir de déversement, à l'extrémité du pipeline. Les sections individuelles de tuyau furent connectées soit par cimentage et utilisation de raccordements, soit par ajustement des extrémités. De plus, certains joints, particulièrement les coudes, furent recouverts d'une petite quantité de béton pour améliorer la stabilité du pipeline pendant les opérations. À l'extrémité d'évacuation du pipeline, un réservoir cylindrique fut aménagé dans la paroi du réservoir de boue, pour servir de "boîte de trop-plein" et de support pour l'évacuation du conduit;

6. Pendant les essais de pompage de la tourbe boueuse, les éléments d'extraction et de pompage suivants furent étudiés :

   - efficacité de la préparation de la tourbe boueuse grâce aux jets d'eau à haute pression, et à l'utilisation du macérateur comme outil d'extraction (et de traitement partiel);

   - rendement du système de pompage et de transport par pipeline, conçu par Monenco pour la tourbe boueuse; on a ainsi mesuré les débits, la hauteur dynamique, les pertes de charge, le rendement, les besoins énergétiques, etc., dans les conditions réelles du terrain;

   - étude de l'effet du déflecteur de souches; évaluation de l'entraînement d'air dans le système (problème signalé précédemment en URSS, et qui nécessita l'installation d'un système d'évacuation de l'air sur le pipeline). La pompe, telle que conçue par le fabricant,

permettait un jeu variable entre la plaque d'usure et la roue, de façon à rendre possible la recirculation interne de la boue et, par conséquent, de faire varier la capacité de la pompe. En augmentant le jeu, la recirculation était accélérée et la pompe gagnait en efficacité pour l'évacuation de l'air. Le jeu pouvait être réglé de 0,03 à 1,0 po;

- une évaluation des propriétés physiques de la tourbe boueuse fut effectuée à l'aide d'échantillons, prélevés avant et après le pompage de la boue, en particulier pour la viscosité, la teneur en solides, en cendres, le degré de décomposition et la répartition granulométrique;

- on évalua également le degré de macération, de décantation et de déshydratation de la tourbe boueuse, à l'aide du système de jet d'eau et de pompe-macérateur de tourbe boueuse.

7. Lors de l'extraction de la couche supérieure de tourbe à teneur plus élevée en cendres, la pompe fonctionnait à une vitesse nominale de 800 tr/min, avec un pouce de jeu entre la roue et la plaque d'usure. Ces paramètres initiaux de fonctionnement ont révélé ce qui suit :

- le débit de la pompe variait de 1040 à 1760 USGPM (236 à 400 m^3/h) et, comme prévu, il était généralement plus faible que lors des essais antérieurs de rendement effectués à l'usine du fabricant. En tout, 1 146 415 gallons U.S. (4339,2 m^3) de tourbe boueuse, renfermant en moyenne une concentration de 6,4 % en poids de solides, furent pompés pendant les 11 "séries" d'essais;

- la hauteur totale atteinte par la pompe (en moyenne H = 35,5 pi) était également plus faible que lors d'essais antérieurs (H = 44,5 pi) au point de rendement maximal. Par contre, la concentration moyenne de solides de la boue était considérablement plus élevée (6,4 %) que prévu (4 %);

- au point de rendement maximal, la puissance en hp du levier de pompe était supérieure (77 Bhp) à la valeur obtenue lors de l'essai avec l'eau (70 Bhp). L'augmentation de 10 % de cette puissance peut s'expliquer par la différence entre la viscosité de la tourbe boueuse et celle de l'eau;

- les essais sur le terrain ont montré que la hauteur produite par la pompe était de 20 % supérieure à celle atteinte lors des essais en atelier avec l'eau. Ce résultat, escompté par Monenco, était considéré comme acceptable eu égard à l'expérience antérieure en URSS;

- un rendement de pompage plus faible fut observé, avec en moyenne 15,7 % (moins que la différence de 20 % de rendement, selon les estimations de Monenco, entre l'eau et la tourbe boueuse), pour une demande moyenne en hp du levier de pompe supérieure de 10 %, ce qui s'expliquerait par la capacité de pompage moindre obtenue avec la tourbe de surface renfermant beaucoup de matériaux végétaux. L'évaluation du rendement de la pompe tenait compte de la puissance nécessaire pour faire fonctionner l'ensemble des unités de pompage, de macération, ainsi que le déflecteur externe; mais, les pertes d'énergie dans le système de transmission (du moteur à l'arbre d'entraînement de la pompe) n'étant pas mesurées, il fut impossible d'estimer de façon absolue le rendement;

- après une période totale de fonctionnement de 14 h avec une couche superficielle de tourbe aux caractéristiques variables, la pompe fut immobilisée à la surface et démontée pour une inspection par Monenco et des spécialistes des pompes du fabricant. L'état mécanique général de la pompe était satisfaisant, et on n'observa ni dommage, ni usure ni corrosion, excepté une légère altération à l'arbre principal en nylon; les paliers s'étaient bien comportés.

8. Pendant l'extraction de la couche supérieure de tourbe (à faible teneur en cendres), la pompe fonctionait à une vitesse nominale de 800 tr/min, avec un jeu de 0,5 po entre la roue et la plaque d'usure. Dix des treize "séries" d'essais (variations de capacité) furent effectuées avec le déflecteur de souches, alors que trois des "séries" ne comportaient pas de déflecteur. La comparaison du rendement de la pompe (munie du déflecteur de souches) pour la tourbe boueuse et de celui correspondant aux essais en atelier avec l'eau a permis d'observer ce qui suit :

   - pour un jeu moyen (0,5), environ 582 100 gal U.S. (2203 m^3) de tourbe boueuse furent pompés pendant dix "séries" d'essais. La capacité de la pompe variait de 1620 à 2220 USGPM (370 à 505 m^3/h) de tourbe boueuse, pour une concentration moyenne de solides de 3,7 %. Cette capacité de pompage, au point de rendement maximal, fut jugée acceptable;

   - au point de rendement maximal, la pompe développait une hauteur dynamique de 58 pi, pour un rendement de 28 %. Ces chiffres sont inférieurs, respectivement de 9 % et de 8 %, aux résultats correspondants avec l'eau (H = 63,5 pi, rendement = 30 %). À cet égard, le rendement de la pompe était satisfaisant;

   - toujours au point de rendement maximal, la demande moyenne en hp du levier de pompe lors des essais sur le terrain (95 Bhp) était

supérieure à la demande dans le cas de l'eau (78,5 Bhp d'après les résultats du fabricant à 800 tr/min, pour un jeu de 1 po). L'augmentation de 21 % de hp pour le levier peut s'expliquer par la différence entre la viscosité de la tourbe boueuse et celle de l'eau.

La comparaison du rendement de la pompe (vitesse nominale de 800 tr/min, pour un jeu de 0,5 po) avec déflecteur de souches pendant les dix "séries" d'essais et du rendement sans déflecteur lors des trois dernières "séries", a donné les résulats suivants :

- pour une même capacité de la pompe, une légère amélioration d'efficacité de pompage (2 %) fut observée;

- il y avait diminution de 3 % de la demande en hp du levier en l'absence de déflecteur de souches;

- la hauteur dynamique atteinte par la pompe, avec et sans déflecteur de souches, était la même (ce résultat s'explique peut être par le nombre restreint de données expérimentales);

- des essais antérieurs avec l'eau, avec et sans déflecteur de souches, ont révélé une augmentation de 2,1 % du rendement de la pompe et une diminution de 3,8 % de la hauteur dynamique en l'absence du déflecteur;

- les résultats russes antérieurs révèlent une variation de 5 % de la hauteur dynamique lorsque le déflecteur est enlevé.

9. Des échantillons représentatifs de tourbe boueuse furent préparés et analysés quotidiennement pour la teneur en solides, en cendres, et la viscosité, sur le terrain et en laboratoire. La teneur en solides de la boue variait de 1 % à 7,1 % (moyenne de 3,7 %). Dans chaque essai (variation de la vitesse en tr/min de la pompe et du jeu roue-plaque d'usure), la concentration de solides lors des trois essais variait légèrement. Cela était prévisible. La teneur en cendres de la boue variait de 22,8 % à 40,2 %. La teneur en cendres de la boue était légèrement plus élevée (en moyenne 33,7 %) que prévu si on se fonde sur les résultats en laboratoire avec la tourbe in-situ (moyenne de 18,2 % de poids sec). Il est possible que la valeur en cendres plus élevée que prévu dans la tourbe boueuse soit le résultat d'une contamination résiduelle de la couche à teneur inférieure en cendres (10 à 22 %) par la couche supérieure à teneur en cendres plus forte (35 à 45 % de cendres), extraite précédemment. Les valeurs de viscosité de la tourbe boueuse, déterminées par le laboratoire sur les lieux d'extraction étaient pratiquement les mêmes que les résultats en laboratoire obtenus

précédemment avec les échantillons de tourbe prélevés directement pour évaluer la tourbière.

10. Pour la représentation graphique, les valeurs obtenues lors des essais avec la couche inférieure furent regroupées à cause de leur distribution selon les concentrations de solides de 2,6 %, 4,5 % et 5,9 %, en poids. Les résultats du rendement de la pompe et du pipeline (hauteur dynamique en fonction de la capacité; perte de hauteur en fonction de la vitesse de la tourbe boueuse) pour différentes concentrations de solides de la tourbe boueuse ont montré que la hauteur dynamique de la pompe diminuait à mesure que la concentration de solides de la boue augmentait. Cela s'explique par l'augmentation de la viscosité de la tourbe boueuse avec l'accroissement de la teneur en solides, phénomène qui entraîne une augmentation des pertes par friction, et une réduction de la capacité de la pompe.

11. Les résultats des essais (perte de pression en fonction de la vitesse d'écoulement pour la couche inférieure de tourbe) étaient tout à fait comparables aux valeurs antérieures obtenues par Monenco dans le cas d'essais sur le terrain avec une tourbe boueuse suédoise et un pipeline en "plastique" de même diamètre (12 po). Ces résultats montraient que, pour la même capacité de pompe, une boue à teneur plus forte en solides subissait des pertes de pression plus élevées qu'une boue à concentration plus faible de solides.

12. Une étude comparative du rendement fut effectuée avec la pompe de tourbe boueuse de Monenco et le modèle TPD-4A russe. À noter que les valeurs de rendement pour la pompe Monenco à 1000 tr/min et 0,03 po de jeu, furent obtenues par extrapolation des données expérimentales (couche inférieure) du pompage d'une tourbe boueuse à 823 tr/min et 0,5 po de jeu, et des données expérimentales avec l'eau à 1000 tr/min et 0,03 po de jeu. On observa ce qui suit :

    - au point de rendement maximal de 48 %, la capacité de la pompe TPD-4A était de 3520 USPGM ou 800 m^3/h. Le point de rendement maximal de la pompe Monenco était plus élevé (53 %), pour un débit plus important (4050 USGPM ou 920 m^3/h). Par conséquent, la demande en hp du levier était sensiblement plus élevée, pour une hauteur donnée, que dans le cas de la pompe TPD-4A;

    - la pompe TPD-4A de l'URSS avait une roue de diamètre plus grand, mais elle fonctionait à un nombre de tr/min plus faible comparativement à la pompe Monenco. L'effet d'un changement du diamètre de la roue est semblable à une variation de la vitesse de la pompe; les deux ont pour conséquence de faire varier la vitesse à laquelle la

boue quitte la roue, et le diamètre plus grand de la roue de la pompe TPD-4A compense donc en partie sa vitesse plus faible, comparativement à la pompe Monenco. Il y avait compensation partielle de la faible vitesse de la pompe TPD-4A de l'URSS, par rapport à la pompe Monenco. La pompe russe était conçue pour une vitesse maximale de 600 tr/min.

13. Les résultats expérimentaux obtenus sur le terrain (couche inférieure montrant la relation entre la viscosité de la tourbe boueuse et la concentration de solides) ont été ajoutés aux données extraites d'un rapport antérieur de Monenco, intitulé *Development of Design Parameters for Peat Slurry Pumping and Pipeline Transport*. La teneur optimale en solides pour une tourbe boueuse aux fins d'application industrielle de la pompe de tourbe devrait être d'environ 6 % (en poids), pour un type de tourbe comme celui de Vestal, dans l'État de New York. Les écarts entre la concentration moyenne de solides obtenue pendant les essais sur le terrain (3,7 % de solides), et la concentration industrielle optimale de solides (6 % de solides), peuvent être attribués à des variations des caractéristiques de la tourbe, comme le type de tourbe, le degré de décomposition et la teneur en cendres, ainsi qu'à la quantité d'eau ajoutée.

14. L'eau pour la préparation de la tourbe boueuse était fournie par une pompe faible pression qui alimentait les jets par l'intermédiaire de deux pompes haute pression. La capacité maximale de la pompe basse pression était de 2000 USGPM (7570 L/min), mais le niveau d'alimentation maintenu pendant toute la durée du programme d'essais se situait entre 1300 et 1700 USGPM (4920 et 6440 L/min). En tout, 1 702 042 gal U.S. (6442 m^3) ont été pompés pendant les essais pour préparer 1 746 427 gal U.S. (6600 m^3) de tourbe boueuse.

15. Le rendement du modèle russe GM-2 de jet fut comparé aux résultats obtenus lors des essais de l'équipement Stang. Avec un injecteur de 1,5 po (0,044 m) et l'équipement Stang, les pressions d'injection mesurées pendant les essais étaient légèrement plus élevées que celles obtenues avec un injecteur semblable monté sur le GM-2. Une pression d'injection plus élevée et une efficacité d'extraction plus grande par le jet d'eau furent obtenues lors des essais, comparativement aux rendements signalés pour le modèle russe. Le jet Stang avait une portée efficace d'environ 30 m, comparativement à 20 m pour le modèle russe.

16. Pendant l'essai de démonstration de pompage, on réussit à obtenir des concentrations de solides dans la tourbe boueuse, comprises entre 1 et 7,1 % (en poids), pour la couche de tourbe inférieure. Le taux

d'addition d'eau pour la préparation de la boue fut calculé en fonction de la concentration souhaitée de solides, de la teneur en humidité de la couche extraite (80 à 86 % d'humidité), et des capacités théoriques de la pompe à boue (débits de tourbe boueuse de 1500 à 2200 USGPM).

17. Trois séries d'expériences furent effectuées pour évaluer le degré de macération de la tourbe pendant l'essai de pompage, et son effet sur la décantation et la déshydratation de la boue. Ces trois séries d'expérience portaient sur les éléments suivants :

- taille et répartition granulométrique;
- décantation;
- déshydratation.

(a) Les essais de mesure granulométrique furent effectués sur des échantillons (couche de tourbe inférieure) de tourbe intacte, de boue de la fosse et de boue pompée (provenant du conduit d'évacuation), pour évaluer le degré de macération pendant les diverses étapes du pompage et du transport par pipeline. Dix-huit essais granulométrique furent effectués avec ces échantillons. La macération s'exprime le plus facilement par le pourcentage de particules présentes dans la boue, qui ne passent pas à travers un crible de taille donnée, par ex. celles qui ont plus de 2 mm avant et après le pompage. La quantité de particules supérieure à 2 mm fut réduite de 55 % par la pompe et la canalisation, lorsque le déflecteur de souches était utilisé. Un pourcentage de réduction du même ordre fut observé sans l'utilisation du déflecteur, bien que le poids total de particules soit un peu plus élevé aux deux lieux d'échantillonnage. Si on considère seulement un échantillon de tourbe solide, il apparaît que l'utilisation du jet d'eau n'a pas contribué sensiblement à la macération de la tourbe au niveau particulaire, mais qu'il a joué un rôle important dans la désagrégation des gros morceaux de tourbe. Mais, cela était facilement prévisible avec le type de tourbe trouvé à cet endroit, et il faudrait confirmer les résultats par d'autres essais.

(b) Les degrés possibles de décantation et de déshydratation sont des propriétés de la tourbe boueuse qui ont probablement un effet non négligeable sur les conditions d'extraction de tourbe humide. Les deux propriétés diminuent rapidement entre 2 % et 3 % de teneur totale en solides. Le degré de déshydratation diminue également lorsque la teneur en solides augmente, mais cette relation semble suivre une courbe moins abrupte que celle correspondant au degré de décantation, qui est exponentielle. En pratique, pour une boue à 2 % de solides, la décantation est de 6 à 9 fois plus rapide que dans le

cas d'une boue à 5-6 % de solides, alors que seulement deux à trois fois plus de tourbe est extraite dans le dernier cas. Le taux de déshydratation est de 2 à 2,5 fois moindre lorsque la teneur en solides de la boue passe du simple au double.

La décantation est un moyen peu coûteux pour éliminer l'eau. Les principaux coûts inhérents à ce procédé sont ceux du terrain et du temps. La déshydratation est un procédé mécanique qui demande de l'énergie. Une analyse très provisoire des résultats de "décantabilité" montre que le taux d'augmentation de la teneur en solides de la tourbe décantée, par rapport à la teneur en solides de la boue pompée, était très faible. Mais, il faudrait effectuer une analyse complète pour comparer de façon détaillée les avantages de la déshydratation, par rapport à la décantation, tant que du point de vue de la technique que du coût.

A4 ASSÈCHEMENT-TRAITEMENT

A4.1 Rapport : ***Investigation of Transferable Technology for Application in Peat Dewatering Research,*** **CNRC 24475**
Exécutant : A.L. Burwash Consulting Ltd.

Le projet décrit dans le présent rapport fait suite à un problème reconnu et exprimé par l'Agence internationale de l'énergie dont le Canada fait partie. On trouve en abondance, dans toutes les zones tempérées du globe, de la tourbe de qualité combustible; l'emploi de la tourbe comme combustible est limité par sa teneur élevée en eau, qui peut atteindre ou dépasser 90 % (du poids mouillé). Les méthodes artificielles de séchage actuellement utilisées à l'échelle commerciale ne permettent d'extraire l'eau de la tourbe de façon rentable que jusqu'à 75 % (du poids mouillé); pour enlever davantage d'eau, on doit utiliser plus d'énergie que la tourbe n'en libère. Les études sur le séchage de la tourbe, bien que devenant plus sophistiquées, n'ont pas encore produit suffisamment de résultats, pour donner aux chercheurs une meilleure compréhension des composants ou du caractère des tourbes. On comprend mal aussi les mécanismes fondamentaux du séchage.

On a conçu cette étude pour passer en revue et documenter la recherche réalisée actuellement ou déjà complétée, dans les domaines où les méthodes ou les résultats de la recherche pourraient s'appliquer aux procédés de séchage de la tourbe. Plus de 400 chercheurs on été contactés; le gouvernement, l'industrie et les secteurs universitaires étaient pleinement représentés. Des études et examens détaillées de la documentation on été faits. Des discussions ont eu lieu avec les spécialistes, par téléphone ou en leur présence. L'analyse des données obtenues a indiqué les domaines qui se rapportaient le plus à l'étude; on a rapidement identifié les chercheurs qui seraient le plus utiles.

Le rapport décrit la méthode suivie par les chercheurs pour atteindre les objectifs du projet, à savoir:

- l'identification des disciplines et sous-disciplines dans lesquelles les travaux de recherche pourraient s'appliquer plus tard aux études sur les aspects fondamentaux du séchage de la tourbe

- l'identification des résultats et méthodes de recherche applicables, tirés de toute discipline ou sous-discipline en rapport avec l'étude

- l'identification des chercheurs provenant des universités, des organismes gouvernementaux et des compagnies qui on effectué ou effectuent actuellement des recherches pertinentes ou applicables

- une brève explication sur la recherche applicable, dans la mesure où ceci permet de combler des lacunes de nos connaissances concernant les détails fondamentaux du séchage de la tourbe

Les adjudicataires, cherchant à identifier la recherche effectuée dans d'autres domaines, et les lacunes de nos connaissances se rapportant aux méthodes de traitement des tourbes, ont classé suivant leur orientation générale les exigences en matière de recherche dans le cadre du projet, comme suit :

- état actuel de la technologie : aspects fondamentaux du séchage de la tourbe
- microbiologie de la tourbe
- études des milieux poreux
- chimie physique : principes, actions et caractérisation
- dégradation de la lignine et de la cellulose
- recherche sur les mécanismes de liaison avec l'eau
- mesures et modélisation des processus de séchage

La recherche de technologies qui soient applicables nous a amenés à examiner les travaux effectués dans des domaines très divers. En raison du besoin d'examiner les méthodes de détermination de la porosité, on a entrepris des études fondamentales en génie civil, en génie pétrolier, en physique et en génie chimique. On a obtenu les détails chimiques nécessaires dans des études venant de l'industrie des pâtes et papiers, de l'industrie textile, et des industries alimentaires; et grâce à la recherche chimique fondamentale. On étudie actuellement le mouvement des fluides à l'intérieur des milieux poreux, dans les secteurs suivants : génie civil, génie chimique, génie pétrolier et génie agricole. Actuellement, on étudie la nature des mécanismes de liaison avec l'eau dans les domaines où l'on emploie des produits fortement hydratés, par exemple en génie agricole (fumier de bestiaux), génie minier (dépôts de boue et coulis), génie chimique (eaux usées sanitaires), et industrie alimentaire (séchage et conservation des aliments). Les départements de biologie et de génie chimique et les centres de recherche forestière réalisent actuellement des études microbiologiques. La recherche de techniques appropriées, se prêtant à des applications, a indiqué que :

- Les composés biologiques produits par l'activité microbienne pourraient dans une mesure importante servir à la mise au point de procédés plus efficaces de séchage de la tourbe. Des modifications de la structure chimique de la tourbe permettraient de changer la capacité de rétention d'eau de celle-ci.

- Les études relatives à la chimie des surfaces peuvent être directement appliquées à la recherche fondamentale sur les mécanismes de rétention de l'eau par la tourbe.

- Il existe des méthodes reconnues de détermination et mesure de la porosité, que l'on peut appliquer aux études sur les tourbes avec un degré minimum d'adaptation. On a déjà établi le cadre théorique de mise au point et d'expérimentation des modèles de porosité et de circulation des fluides. Pour pouvoir employer ces modèles, on devra adapter la recherche et poursuivre les études empiriques, de façon à disposer d'un mode de vérification des résultats.

- La caractérisation de la tourbe, suivie de l'application des principes qu'utilisent les chercheurs pour étudier d'autres types de produits, aidera à obtenir les données nécessaires à la réalisation d'un programme détaillé de recherche sur le séchage de la tourbe.

- Les études sur la décomposition des constituants de la tourbe, surtout de la lignine et de la cellulose, pourraient indirectement servir à la mise au point de méthodes nouvelles de séchage de la tourbe.

- Dans plusieurs disciplines, se manifeste un intérêt évident pour les mécanismes de liaison avec l'eau, et pour l'évaluation de leur importance relative. Des études fondamentales ont permis d'envisager des techniques prometteuses de détection et d'analyse. Toutefois, un grand nombre de ces études en sont encore aux étapes préliminaires.

- On effectue actuellement des études théoriques et expérimentales sur le séchage des matières hygroscopiques. On dispose de techniques de modélisation et de mesure qui pourraient facilement s'appliquer à la recherche sur la tourbes.

Dans ce rapport, on décrit en détail les thèmes et méthodes de recherche, et les résultats examinés dans le cadre du projet. Cette étude a un caractère fortement interdisciplinaire; de ce fait, elle a permis de réunir l'information recueillie dans tous les secteurs scientifiques et technologiques pertinents. On a clairement identifié la portée et la gamme des informations utiles aux chercheurs étudiant la tourbe. Il reste maintenant aux organismes respectifs, sous les auspices desquels a été réalisée cette étude, à classer et sélectionner les thèmes spécifiques de recherche.

A4.2 Rapport : ***Process Evaluation and Conceptual Design of a Plant Based on Technical and Economic Assessment of Peat Dewatering and Peat Fuel Processes,*** **CNRC 22911**

Exécutant : Montreal Engineering Co. Ltd.

OPTIONS TECHNIQUES

Dans la présente étude, on a évalué les techniques utilisables pour essorer et sécher la tourbe prélevée à l'état humide en vue de sa transformation en tourbe combustible. On suppose que la charge d'alimentation sera constituée d'une boue de tourbe macérée contenant de 6 à 10 % de solides.

L'usine de production de tourbe combustible peut comporter au moins un des éléments suivants :

- stockage des boues à l'usine
- traitement thermique
- essorage mécanique
- séchage thermique
- traitement des effluents
- densification

Habituellement, l'essorage initial pour éliminer le gros de l'eau se fait mécaniquement, par exemple avec des filtres-presses. Grâce à cette méthode, la teneur en eau de la tourbe "brute" tombe de 90 % en masse à 70 % en masse dans le gâteau du filtre; autrement dit, on élimine 74 % de l'eau que contenait initialement la tourbe.

Des "traitements thermiques" ont été mis au point pour rendre plus efficace l'essorage mécanique des boues de tourbe et pour permettre aux filtres-presses, de réduire la teneur en humidité des boues à 50 % en masse. Les spécialistes du domaine ont appris par expérience qu'il est presque impossible de réduire économiquement par essorage mécanique, la teneur en humidité des boues de "tourbe brute" à moins de 70 % environ. Le faible rendement économique de cette dernière méthode résulte aussi de la perte d'une importante quantité de particules fines. On soutient par contre, que cette perte est moins élevée dans le cas des boues "traitées thermiquement" qui peuvent perdre jusqu'à 50 % de leur teneur en humidité dans les filtres-presses.

Alors qu'on ne voit aucun danger au rejet du filtrat de boues de tourbe "brute" dans la tourbière, on considère risqué de rejeter ceux des boues de tourbe "traitées thermiquement" sans épuration préalable. L'épuration de ces effluents rend ainsi le traitement thermique moins économique.

Pour abaisser la teneur en humidité à moins de 50 % en masse, on utilise généralement des séchoirs thermiques.

FAISABILITÉ TECHNIQUE

L'essorage et le séchage des boues de tourbe prélevées à l'état humide ne comportent aucun obstacle purement technique. Toutes les difficultés viennent plutôt de l'analyse comparative des coûts et de l'efficacité de procédés concurrents, de la détermination de la performance réelle et des paramètres économiques de chaque technique. Un petit nombre de procédés prometteurs en sont actuellement aux premiers stades de la conception. Dans la présente étude, nous avons étudiée l'aspect technique de ces procédés dans la mesure où nous avions des données sous la main, cependant, l'évaluation économique n'a pas été possible à cause de l'absence d'estimation précise des coûts. L'élaboration de nouveaux procédés est souvent basée sur des applications ou des combinaisons nouvelles de techniques classiques; dans ce cas, il n'y a aucune barrière technique à surmonter, mais les considérations coût-efficacité du concept sont extrêmement importantes. Dans presque tous les cas, le rythme du développement est freiné par la stabilité actuelle des prix mondiaux de l'énergie.

Dans la partie du présent rapport intitulé Analyse de l'évaluation, on a revu brièvement les aspects techniques des divers procédés mis en jeu dans les limites de l'unité et on a décrit les techniques applicables à chacun d'eux. Le rapport contient l'évaluation technique détaillée de toutes les techniques connues.

RELATION ENTRE LES COÛTS

Dans l'analyse économique présentée dans la présente étude, on trouvera une comparaison détaillée des coûts relatifs d'éléments comparables de techniques concurrentes. Tous les chiffres donnés représentent les coûts du traitement dans les limites de l'unité considérée et excluent ceux de la charge d'alimentation et du retour des effluents dans la tourbière. Les coûts correspondent à chacun des procédés mis en jeu dans l'unité pour que la comparaison de techniques concurrentes soit plus juste.

Le seuil de confiance des coûts fournis dans la présente étude est de l'ordre (+)30 % : (-)25 %, soit le niveau auquel on s'attend approximativement dans le cas d'estimations au juger.

Cependant, le rapport des coûts de procédé comparables les uns par rapport aux autres est un critère de faibilité encoure plus important que l'exactitude des chiffres. L'analyse indique à quel point cette relation est importante.

De tous les procédés d'essorage et de séchage des boues de tourbe prélevées à l'état humide qui ont été évalués, le JP-Energy est celui dont la mise au point est la plus complète. Les données sur les coûts fournies par JP-Energy et Wheelabrator-Frye semblent être les plus faibles. Encore une fois, ce ne sont pas les chiffres absolus correspondant aux coûts qui sont considérés faibles, mais plutôt la relation qui existe entre les coûts de JP-Energy et les coûts obtenus indépendamment.

Le procédé de production de combustible Koppelman K consiste en un train modulaire d'équipement alimenté par de la tourbe relativement sèche, c'est-à-dire dont la teneur en humidité est de 50 % en masse. Il s'agit d'un procédé unique en son genre dont le coût se compare difficilement à celui des autres techniques. Cependent, les chiffres correspondant au prix de revient du combustible K sont probablement les plus précis de tous car ils ont été compilés à partir de contrats de fabrication et de construction d'une usine pilote déjà en construction.

Les méthodes d'oxydation par voie humide Zimpro et ORF-Wetox sont toutes les deux de type modulaire et produisent environ 25 000 t de combustible sec par année. Leur degré de mise au point est à peu près le même. Après comparaison, leurs coûts concordent.

Les quatre procédés mentionnés ci-haut font appel au traitement thermique de la tourbe afin d'améliorer l'essorage mécanique.

On a évalué le coût de l'utilisation des filtres-presses traditionnels pour essorer des boues de tourbes traitées et non traitées. On a aussi estimé le coût de systèmes traditionnels de séchage thermique.

Trois techniques entirement nouvelles permettant d'essorer les boues de tourbe prélevée à l'état humide et non traitée sont présentées, accompagnées d'une analyse des coûts :

- Valmet-Vapo-International (VVI)
- Sulzer
- Carver-Greenfield

Ces procédés ont été mis au point varier davantage. Cependant, il devrait être relativement facile de vérifier les affirmations faites dans chaque cas. Si les procédés VVI et Sulzer devaient donner pleine satisfaction, ils constitueraient tous deux des percées technologiques dans le domaine de l'essorage des boues de tourbe, sans la pollution qui accompage le traitement thermique. Le procédé Carver-Greenfield est moins économique, mais si les deux autres traitements s'avéraient inapplicables ou si le prix de revient du traitement thermique devait augmenter, il pourrait devenir intéressant.

COMPARAISON DE CERTAINS COÛTS

On a choisi les données suivantes dans l'analyse économique pour présente une comparaison sommaire des coûts:

Cas A

- Capacité de l'usine : Moins de 50 000 t de produits secs par année
- Combustible produit : tourbe à t.h. de 50 %
- Charge d'alimentation : boue de tourbe brute prélevée à l'état humide

Procédé	Coût de production $C par tonne métrique de produit sec
VVI	76,91
Sulzer	64,12

Cas B

- Capacité de l'usine : plus de 200 000 t de produit sec par année
- Combustible produit : t.h. de 10 % ou moi moins
- Charge d'alimentation : boue de tourbe brute prélevée à l'état humide

Procédé	Coût de production $C par tonne métrique de produit sec
JP-Energy	97,67
Carver-Greenfield	118,36

Cas C

- Capacité de l'usine : ORF et Zimpro 25 000 t/a et JP-Energy 270 000 t/a
- Combustible produit : boue traitée thermiquement
- Charge d'alimentation : boue de tourbe brute prélevée à l'état humide

Procédé	Coût de production $C par tonne métrique de produit sec
ORF-Wetox	84,65
Zimpro	92,00
JP-Energy	49,00

Il faut encore souligner que la relation les coûts est plus importante que les couûts eux-mèmes. Par exemple, le cas A et le cas B ne son pas directement comparables, car le premier produit contient 50 % d'humidité et le deuxième en contient 10 %.

BESOINS EN R et D

Il faudrait concentrer les efforts de R et D dans les directions suivantes :

- Chauffage préalable des boues de tourbe froide. Cette opération peut se faire par échange indirect de chaleur avec d'autres cycles de fabrication ou par injection direct de vapeur dans la boue de tourbe froide grâce à la récupération da la chaleur perdue.

- Pompage et transport des boues de tourbe macérée par pipeline.

- Pré-essorage des boues de tourbe brute pompables (contenant de 6 à 10 % de solides) avant ou pendant l'essorage - mécanique dans les filtres-presses, avec ou sans l'utilisation de polyélectrolytes et d'agents floculants.
  Objectif : rendement élevé et faible perte de particules fines pendant l'essorage.

- Aspects technologique et économique du traitement des effluents provenant du traitement thermique des boues de tourbe brute.

A4.3 Rapport : *Autohydrolysis and Fractionation of Peat via the UdeS-NRC Thermomechanical Process*
Exécutant : Université de Sherbrooke

Ces travaux ont été entrepris à l'origine pour obtenir de l'information de base sur la déshydratation de la tourbe. La principale conclusion des travaux est qu'une solvolyse rapide de la tourbe à 175-210°C permet de modifier la nature hydrophile et colloïdale de la tourbe brute et, par conséquent, de faciliter la solubilisation partielle, avec obtention d'un résidu solide plus facile à déshydrater.

La teneur en carbohydrates de la tourbe est un repère efficace pour les modifications qui interviennent dans le matériau pendant la solvolyse. Les carbohydrates sont rapidement solubilisés, et la température de traitement détermine l'étendue de la solubilisation. De même, une fraction importante de la matière humique est solubilisée pendant la solvolyse. La présence d'acide minéral supplémentaire, abaissant le pH, accélère le processus hydrolytique.

Une simple méthode de pressage a été mise au point au cours de ces travaux pour déterminer la facilité de la déshydratation. Une constante a ainsi été définie pour le temps de pressage d'après une analyse mathématique des profils de pressage. Cette constante diminue avec la sévérité du traitement.

Notre procédé de solvolyse a été utilisé avec de la tourbe finnoise (dans le cadre d'un projet commun avec VTT-Finlande), ce qui a permis de confirmer les résultats précédents, obtenus avec notre matériau de base, à savoir une tourbe de sphaigne, de décomposition moyenne à élevée.

Les caractéristiques rhéologiques de suspensions de tourbe ont été étudiées expérimentalement sans et avec macération supplémentaire. La suspension se comporte comme un fluide pseudoplastique, et l'exposant de la loi de puissance ainsi que la constante de viscosité intrinsèque ont été déterminés pour diverses teneurs en solides, entre 7,5 % et 13,5 % en poids. Il a été établi que le traitement à ces teneurs en solides est possible grâce à une technique de pompage appropriée.

Les études et expériences de solvolyse ont été au départ effectuées dans un réacteur en cascade de laboratoire. Le passage à l'échelle supérieure, soit à une capacité de 1 kg/min, s'est fait dans la dernière phase du projet. L'unité, qui représente l'élément de base du procédé de déshydratation UDES-CNRC, s'est bien comportée et a permis de traiter des suspensions concentrées, macérées, à 12,0-13,5 % de solides en poids, dans un intervalle de température de 175-210°C, pendant une durée totale de 1,5 min à haute température. Les résultats ont confirmé les données obtenues précédemment avec les réacteurs en cascade. La facilité de déshydratation du matériau traité a été améliorée grâce au traitement, avec une teneur prévue en eau d'environ 55 %.

Ces travaux laissent entrevoir deux orientations distinctes :

(a) Secteur de la tourbe combustible

Les opérations de déshydratation proposées et mises au point expérimentalement dans le cadre de la présente étude ont démontré clairement la faisabilité d'un traitement thermique rapide (~1,5 min à 190-210°C) pour l'assèchement de la tourbe. Le produit solide obtenu peut être utilisé comme combustible de chaudière.

Dans ce secteur, on propose ce qui suit :

- compléter l'information pour une plus grande diversité de tourbes

- effectuer des séries complètes d'essais pour vérifier la fiabilité de la technique UDES-CNRC
- faire le lien avec les recherches en cours sur l'extraction hydraulique pour aboutir à un projet intégré.

(b) Secteur du fractionnement de la tourbe

Ces travaux ont montré que la solubilisation des constituants de la tourbe peut être facilement réalisée par solvolyse. Cela ouvre la voie à un nouveau traitement de la tourbe, à savoir le fractionnement sélectif des principales familles chimiques présentes.

Nous proposons que la voie du fractionnement soit explorée plus avant pour l'obtention, à un coût peu élevé, de concentrés pour la fermentation, ainsi que de produits chimiques et de nouveaux matériaux polymères à partir de la fraction humique.

A4.4 Rapport : *The Use of Microbes in the Dewatering of Fuel Grade Peat - Part 1*, CNRC 24151
Exécutant : McGill University, Department of Chemical Engineering

Les recherches décrites dans le présent rapport ont démontré que plusieurs types de composés biologiques (notamment des polymères, des agents tensio-actifs et des enzymes) pouvaient améliorer grandement l'essorage méchanique de la tourbe devant servir de combustible. Le chitosane et la surfactine sont les composés qui ont donné les résultats les plus prometteurs. Le chitosane est un polysaccharide qui contient des sucres aminés. Lorsque ses amines forment des sels quaternaires, le polymère se transforme en polyélectrolyte dont la chaîne porte des charges positives. La surfactine est un agent tensio-actif, synthésisé par *Bacillus subtilis*, qui entraîne une baisse extrême de la tension superficielle de l'eau, soit jusqu'a 27 mN/m. Elle permet aussi d'étaler une solution aqueuse sur les cires extraites de la tourbe. La tourbe de Barrington (N.-É.) a été la plus difficile à essorer parmi celles qui ont été examinées dans la présente étude. Il s'agit d'une tourbe très décomposée (H9 sur l'échelle de von Post). Le traitement de cette tourbe par des agents biologiques de déshydratation, avant l'étape de compression, a permis d'éliminer jusqu'à 60 % plus d'eau.

Une étude préliminaire a révélé que la combinaison du prétraitement thermique et du traitement biologique donnait un essorage plus efficace que l'un ou l'autre de ces traitements appliqués seuls. En comprimant la tourbe de Barrington après l'avoir fait chauffer à 125°C pendant 20 min, on a pu augmenter la quantité d'eau extraite de 60 %. Avec l'addition d'agents biologiques entre les étapes de chauffage et de compression de la

tourbe, la quantité d'eau libérée a augmenté de 100 %, ce qui a permis d'obtenir une teneur en humidité de 61 %, comparativement à 78-80 % dans le cas des témoins.

L'eau exprimée des divers échantillons de tourbe au moyen d'additifs et de traitements divers contenait des solides carbonés dissous ou en suspension. En ajoutant de petites quantités d'autres éléments nutritifs à ces échantillons d'eau, on a réussi à cultiver de nombreuses bactéries et levures. En fournissant à ces microorganismes les substances exprimées de la tourbe qui induisent une DBO comme source de carbone, on a pu obtenir une importante quantité de biopolymères et d'agents tensio-actifs biologiques. On a ainsi produit, en particulier, deux agents de déshydratation, le chitosane et la surfactine.

Grâce aux recherches, la faisabilité technique d'un procédé "autonome" a été démontrée. Certaines substances biologiques permettent d'éliminer sensiblement plus d'eau de la tourbe à des pressions inférieures à 20 atm et à la température ambiante ou à faible température. La portion organique de l'eau exprimée de la tourbe peut servir de substrat pour produire des agents biologiques de déshydratation. Le procédé est qualifié d'autonome puisqu'on produit les additifs à partir du courant d'eau usée tout en ramenant la DBO à un niveau acceptable.

L'analyse économique préliminaire conclut que le procédé est compétitif par rapport aux autres méthodes qui comportent un prétraitement thermique. Il est aussi fort possible qu'on puisse améliorer les autres méthodes de prétraitement grâce aux agents biologiques. J.P. Energy, I.G.T., Zimpro, l'Ontario Research Foundation et l'Université de Sherbrooke ont proposé des méthodes de pré-traitement thermique qui exigent toutes un traitement appréciable des effluents. On s'attend que l'addition d'agents biologiques à la tourbe au cours de ces traitements réduise au minimum le traitement des effluents en allégeant les diverses méthodes de prétraitement. Ces agents offrent aussi d'excellentes perspectives en ce qui concerne l'utilisation de composés carbonés solubles se trouvant dans l'eau exprimée de la tourbe comme substrats de croissance pour produire des biopolymères, etc. Nos recherches présentent donc un large éventail d'applications. Elles ne sont pas limitées à un procédé unique et elles pourraient servir à améliorer d'autres méthodes de traitement de la tourbe.

A4.5 Rapport : ***The Use of Microbes in the Dewatering of Fuel Grade Peat - Part 2,*** **CNRC 25034**
Exécutant : McGill University, Department of Chemical Engineering

Dans la première partie de la présente recherche, on a démontré qu'il était possible d'utiliser des produits microbiens tels des polymères, des agents

de surface et des enzymes pour améliorer la déshydratation mécanique de la tourbe combustible. Le plus efficace des composés biologiques était le chitosane. Lorsqu'il est chargé, ce polysaccharide permet d'accroître de jusqu'à 60 % la récupération d'eau après pressage. La deuxième année de recherche a été principalement consacrée à l'étude détaillée de l'utilisation de ce polysaccharide dans le séchage de la tourbe.

Des études de concentration ont montré que la concentration optimale de chitosane était de 0,030 g/g de solides tourbeux dans la bouillie. Il est possible d'accroître encore plus la perte d'eau en faisant précéder d'un prétraitement thermique l'addition du chitosane. Le prétraitement thermique utilisé était relativement doux. La température maximale a été de 200°C. En faisant varier la durée du prétraitement thermique et la température maximale, on a observé que la quantité d'eau supplémentaire produite après pressage augmentait avec la quantité d'énergie thermique. Cependent, passé environ 175°C, la quantité d'eau supplémentaire produite commençait à diminuer et il ne serait probablement pas rentable de dépenser plus pour atteindre des températures plus élevées dans un traitement commercial.

Les effets du chitosane et de la chaleur s'ajoutaient dans toutes les conditions de préchauffage étudiées. Cependant, l'amélioration consécutive à l'addition de chitosane était la plus grande aux basses températures. Dans les expériences à températures élevées et avec de grands apports de chaleur, on a observé encore une nette amélioration par ajout de chitosane, mais cette amélioration n'est probablement pas suffisante pour que l'addition du produit soit rentable.

L'addition de chitosane se révèle économiquement rentable à basse température de prétraitement. Elle a le même effet sur la déshydratation qu'un prétraitement à température beaucoup plus élevée. On réduit donc ainsi considérablement la quantité d'énergie nécessaire pour la déshydratation et on améliore le bilan énergétique global du traitement.

L'addition de chitosane a un deuxième attrait économique. Quelle que soit la température ou la méthode utilisée, la présence de solides dissous ou en suspension dans les grandes quantités d'eau produites crée un risque de pollution. Dans toutes les expériences à ajout de chitosane, on a noté une nette amélioration de la qualité de l'eau exprimée. Les particules de solides en suspension étaient plus grosses que dans les expériences témoins et elles se déposaient beaucoup plus rapidement. On obtenait ainsi une phase aqueuse transparente et une bouillie relativement compacte qui pourrait être recyclée dans la presse dans un traitement commercial. L'addition de chitosane aurait deux effets : elle permettrait de réduire les coûts de traitement de l'eau et d'augmenter la quantité de solides récupérés de la bouillie de tourbe originale.

Les résultats ci-dessus peuvent s'expliquer par deux mécanismes, à savoir l'agrégation de particules colloïdales due à la fonction polyélectrolyte du chitosane et l'altération chimique due au prétraitement thermique.

Le chitosane présente toutes les propriétés d'un polyélectrolyte. Nos résultats montrent qu'il augmente la taille moyenne des particules de solides tourbeux après pressage. Le mécanisme est probablement une combinaison de deux effets, à savoir la coagulation consécutive à la suppression des charges négatives sur les particules colloïdales, attribuable aux amines quaternisées présentes sur le chitosane, et la flocculation consécutive à l'établissement de ponts entre les particules par les polymères chargés. Les polyélectrolytes synthétiques ont le même effet. Les sels inorganiques, tels $FeCl_2$ et $AlCl_3$, ont permis une certaine amélioration, mais ne sont pas aussi efficaces. Cela est probablement dû au fait qu'ils ne permettent pas l'établissement de ponts.

Le prétraitement thermique résulterait en la perte de groupes carboxyles et d'autres groupes fonctionnels polaires sur les solides tourbeux. Cela se traduirait par une diminution des ponts entre les molécules d'eau dus aux interactions dipôle-dipôle et ion-dipôle. Certaines molécules d'eau seraient libérées par l'un ou l'autre effet et, à des températures de prétraitement élevées, une grande partie de l'eau que le chitosane aurait permis d'extraire aurait été libérée par la perte de groupes polaires.

L'objectif final de cette partie de la recherche était de déterminer les caractéristiques de croissance de microbes sur l'eau exprimée. On a déjà montré dans la première partie qu'il est possible de faire croître de nombreux microorganismes sur l'eau exprimée. Cela permet de réduire la quantité de solides dissous dans l'eau et de produire des substances microbiennes utiles. En utilisant le *Xanthamonas campestris* comme système modèle, nous avons pu réaliser des fermentations continues avec de l'eau de tourbe comme matière première. Dans un traitement commercial, l'eau circulerait de façon continue dans les réacteurs de fermentation. Le produit serait récupéré. Les solides seraient renvoyés dans la presse et l'eau serait déchargée dans l'environnement.

A4.6 Rapport : *Development of the Lamb Wet-Cell Burner for Energy from New Brunswick Peat*, CNRC 24430
Exécutant : Lamb-Cargate Industries Ltd.

Le réacteur de gazéification Lamb a été conçu pour brûler du bois non préparé et de l'écorce avec une teneur en humidité de 60 % (traitement humide) ou moins et pour produire des résidus de combustion propres à de faibles concentrations d'air en excès et à des températures maximales. Ce réacteur

est destiné à remplacer des dispositifs alimentés avec des combustibles fossiles dans une large gamme de procédés industriels. Le combustible est séché, pyrolysé et gazéifié dans la chambre inférieure et les gaz résultants sont brûles dans la chambre supérieure. Le procédé combine donc la technologie de la combustion et la technologie de la gazéification.

Étant donné les propriétés physiques et chimiques de la tourbe, qui contient des cendres et possède une haute teneur en humidité, le réacteur de gazéification semble tout indiqué pour la combustion de la tourbe. La société Jiffy Products Ltd., de Shippegan (Nouveau-Brunswick) s'est montré intéressée par cet appareil. La chaleur produite par le réacteur serait envoyée dans un séchoir-éclair de tourbe horticole et dans plusieurs fours, pour remplacer le propane.

Dans une première étape, la société Lamb a été chargée de mettre au point un dispositif pilote et d'effectuer un essai de combustion avec son brûler expérimental de 0,91 m de diamètre. Ce brûleur avait été construit dans le but de fournir des données nominales pour les premiers réacteurs de gazéification Lamb alimentés au bois et il a fallu le modifier pour pouvoir l'alimenter avec de la tourbe.

On a contruit un brûleur expérimental dans lequel les courants d'air, de combustible et de gaz de carneau à l'entrée et à la sortie du réacteur étaient monitorés de façon à équilibrer les bilans de matière et d'énergie. Le combustible était soumis à une dernière analyse et à des vérifications périodiques de l'humidité et de la teneur en cendres. Des échantillons de gaz de carneau étaient recueillis et analysés à l'aide de sondes refroidies à l'eau et des vérifications périodiques des émissions de particules ont été effectuées.

L'un des points importants dans la mise au point de l'équipement était de confirmer la validité du système d'alimentation à grille. Ce système comprenait un coulisseau horizontal qui poussait le combustible dans un tube d'alimentation vers une vis verticale sur l'axe vertical de la grille circulaire. La vis fait alors passer le combustible à travers la grille dans la chambre de combustion.

Des essais initiaux ont montré que l'effet de scellement du combustible comprimé dans le tube d'alimentation était adéquat, bien qu'on ait observé à l'occasion un refoulement de fumée lorsqu'il y avait peu de combustible et lorsque le rendement de la combustion était élevé. On prévoit que le scellement du tube d'alimentation sera meilleur lorsqu'on passera à l'échelle réelle.

Des essais de combustion ont montré que la pile de combustible n'a pas la perméabilité des résidus. En conjonction avec la grande surface spécifique

du combustible broyé et la petite taille des particules, on a observé un dégagement rapide de produits volatils lorsqu'on augmentait légèrement la quantité d'air envoyé sous la grille. Cela a entraîné des perturbations dans la pile de combustible comparables à ce qu'on peut observer au début de la fluidisation à "bullage". En conséquence, on a augmenté le rendement de la combustion en envoyant l'air par le dessus.

Des essais ont été effectués avec de la tourbe broyée ayant une teneur en humidité de 46, 55 et 64 % (traitement humide). La production de chaleur était respectivement de 2,75, 2,43 et 1,29 GJ/h et les émissions de particules variaient de 183 à 1370 mg/m^3.

Les résultats des essais et des critères de similitude entre le dispositif expérimental et les dispositifs industriels indiquent qu'on devrait entreprendre des essais à l'échelle réelle avec un dispositif industriel. Le rapport inclut quelques remarques sur la commande du brûleur à l'échelle réelle et sur la limitation de la combustion dans le but de réduire la vélocité des gaz dans la pile de combustible.

A5 ENVIRONNEMENT

A5.1 Rapport : ***Identification of the Pollution Potential of the Harvesting and Preutilization of Peat as an Energy Commodity,*** **CNRC 24858**

Exécutant : Washburn and Gillis Associates Ltd.

La documentation a été étudiée en vue d'identifier les causes des effets environnementaux résultant de l'extraction minière et de la pré-utilisation de la tourbe combustible au Canada et en vue d'identifier des méthodes pouvant atténuer ces effets. Une bonne partie de l'information contenue dans la documentation s'applique aux utilisations non combustibles de la tourbe et est présentée sous forme générale car les détails ont trait aux caractéristiques du lieu.

L'extraction minière à sec de la tourbe peut accroître les niveaux de particules et donner lieu à une acidité accrue. Les niveaux de particules peuvent être diminués en utilisant des étangs de décantation et en construisant les fossés de drainage de façon que les écoulements puissent être filtrés par la tourbe avant de pénétrer dans les eaux réceptrices. L'acidité accrue des eaux de drainage peut être prévenue en traitant les eaux d'égout selon une méthode semblable à celle du drainage de l'acide dans les mines de charbon. Les effets de l'extraction minière hydraulique de la tourbe sont différents de ceux des techniques d'extraction à sec et dépendent de la méthode d'assèchement. La carbonisation en milieu liquide et l'oxydation partielle en milieu liquide sont des méthodes proposées pour séparer la structure colloïdale de la tourbe afin de faciliter l'assèchement mécanique. Les techniques de traitement des eaux d'égout recommandées sont une combinaison des traitements aérobies et anaérobies qui visent à réduire le dbo et le dco et à supprimer les matières organiques. Les renseignements concernant les effluents de déchets provenant de la carbonisation en milieu liquide et de l'oxydation partielle en milieu liquide sont fondés sur des études de laboratoire et des essais pilotes plutôt que sur des opérations industrielles.

A5.2 Rapport : ***Wastewater Characteristics of Five Peat Dewatering Processes,*** **CNRC 23758**

Exécutant : Ontario Research Foundation

L'exploitation des vastes réserves de tourbe du Canada par extraction minière à l'état humide suivi d'un traitement de déshydratation dans le but de produire un combustible à partir de la tourbe revêt un intérêt grandissant. Cinq techniques de déshydratation pouvant permettre la production d'un combustible à partir de la tourbe sont actuellement à l'étude. Trois

de ces procédés se fondent sur le pré-traitement thermique de la tourbe, à savoir l'oxydation en milieu liquide développée par l'Ontario Research Foundation, la carbonisation en milieu liquide mise au point par l'Institute of Gas Technology et finalement le procédé de "Low-severity" de l'Université de Sherbrooke. Les deux procédés non thermiques sont la déshydratation utilisant des produits microbiens, de l'Université McGill et la presse rotative mise au point par le Centre de recherche industrielle du Québec. La tourbe pouvant contenir jusqu'à 90 % d'humidité, sa déshydratation entraîne des quantités importantes d'eaux usées. Ce travail a pour principal objectif de présenter les caractéristiques de ces effluents.

Les caractéristiques biologiques et chimiques des eaux usées entraînées dans les cinq procédés de déshydratation de la tourbe varient beaucoup. L'oxydation et la carbonisation à l'état humide produisent des effluents fortement colorés avec une demande biochimique en oxygène et en composés phénolés et ammoniaqués extrêmement élevée. Des polluants majeurs pouvant s'extraire à l'acide et des métaux lourds toxiques ont été détectés dans ces effluents à des taux qui ne sont pas alarmants. Ces trois procédés thermiques présentent un haut degré de toxicité. Néanmoins, ils sont bien adaptés au traitement biologiques des eaux usées.

Les effluents de deux procédés non thermiques se sont avérés non toxiques dans la méthode d'essai utilisée. Le pressat du CRIQ contenait de lourdes quantités de solides en suspension et était fortement coloré. Les taux de polluants mesurés du filtrat fourni par l'Université McGill, ainsi que la couleur, se sont avérés très faibles.

A5.3 Rapport : ***Pollution Potential of Peat Combustion, Liquefaction and Gasification,*** **CNRC 22859**
Exécutant : Monenco Limited

COMBUSTION DE LA TOURBE

1. Les sources de déchets pour les centrales thermiques à la tourbe sont analogues, sinon identiques à celles qui existent pour l'utilisation d'autres combustibles comme le bois, la houille et le mazout.

2. Pour une capacité équivalente de production d'électricité, la combustion de la tourbe produit un volume de gaz de carneau supérieur à la combustion de la houille et du mazout.

3. De manière générale, les émissions d'oxyde de soufre pour une centrale thermique à la tourbe devraient être moindres que dans le cas des

centrales au charbon et au mazout pour une capacité équivalente de production d'électricité. Les émissions deviennent analogues en quantité à mesure que la teneur en soufre du charbon approche les environs de 0,5 pour cent ou moins du poids.

4. En Finlande, la surveillance des centrales indique que les émissions d'oxyde d'azote provenant des centrales thermiques à la tourbe sont du même ordre de grandeur que dans le cas de la combustion du charbon et du mazout.

5. En Finlande, la surveillance des centrales n'indique aucune différence sensible entre la combustion de la tourbe et celle du charbon en ce qui concerne les émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques. Toutefois, les résultats d'essais de combustion effectués sur une plus petite échelle et la prise en compte de la température de combustion relativement plus basse de la tourbe permettent de croire que les hydrocarbures aromatiques polycycliques méritent de plus amples considérations.

6. Pour un rendement équivalent des centrales, la combustion de la tourbe et du charbon produit des quantités analogues de cendre.

7. Comme pour le charbon, la combustion de la tourbe entraîne l'emission d'éléments à l'état de trace.

8. Pour une capacité équivalente de production d'électricité, l'exploitation des centrales thermiques au mazout devrait produire des quantités et des types analogues de déchets liquides.

9. Pour une capacité équivalente de production d'électricité, la chaleur rejetée par une centrale à la tourbe devrait être du même ordre que dans le cas des centrales au bois, au charbon ou au mazout.

10. Les pratiques actuelles et à venir de lutte contre la pollution telles qu'appliquées aux centrales thermiques au charbon ou au mazout, au Canada ou ailleurs, devraient être directement applicables aux dispositifs alimentés à la tourbe.

LIQUÉFACTION ET GAZIFACTION DE LA TOURBE

1. Un examen de la documentation et certains progrès récents indiquent que la technologie de liquéfaction et de gazéification de la tourbe n'en est encore qu'à ses débuts. Par conséquent, on ne dispose encore que d'une quantité très limitée de données concernant l'état latent de pollution de ces procédés.

2. Un examen des procédés de conversion du charbon indique que la liquéfaction et la gazéification produisent des déchets gazeux, liquides et solides. Ces déchets sont susceptibles de renfermer des polluants inorganiques et des polluants d'hydrocarbure. De manière générale, on possède les moyens techniques de supprimer ces polluants à la source.

3. De plus amples études sont encore nécessaires pour évaluer l'état latent de pollution des procédés de gazéification et de liquéfaction de la tourbe grâce à l'accessibilité à des données de centrales expérimentales, à certains constituants et aux bilans thermiques pour les futurs aménagements industriels.

A5.4 Rapport : ***Development of an Innovative Approach to Assess the Ecological Impact of Peatland Development: Ecological Background and Preliminary Model Development,*** **CNRC 24129**
Exécutant : IEC Beak Consultants. Ltd.

En 1982, au cours de la table rond inter-organismes sur la tourbe, le gouvernement du Canada s'est formellement engagé à envisager l'utilisation de la tourbe comme énergie de remplacement. Le programme adapté vise, entre autres, à identifier les répercussions environnementales, de l'exploitation de la tourbe et à mettre au point les mesures d'atténuation nécessaires. Le présent rapport a pour but d'aider à l'élaboration des directives environnementales. L'étude est basée sur les prémisses qu'il faut d'abord comprendre la structure et le fonctionnement de l'écosystème des tourbières avant de pouvoir évaluer les répercussions environnementales éventuelles de leur exploitation. L'étude a notamment pour objectif,

- de décrire les principaux éléments physico-chimiques et biologiques de l'écosystème des tourbières;

- d'identifier le genre de perturbations environnementales pouvant résulter de l'exploitation de la tourbe par voie sèche et par voie humide;

- d'évaluer la sensibilité des écosystèmes de tourbière à ces perturbations

Dans la première partie du rapport, on décrit les principaux éléments des écosystèmes de tourbière, soit:

- hydrologie
- végétation
- propriétés physiques de la tourbe
- chimie de la tourbe

- chimie de l'eau
- écologie aquatique

En l'absence de renseignements traitant directement de la tourbe, on les a remplacé par des concepts pertinents tirés de sources documentaires spécialisées dans plusieurs disciplines, par exemple la pédologie, l'hydrogéologie, l'écologie, la chimie de l'eau et la modélisation des écosystèmes lacustres. Dans la deuxième partie, on met au point des ébauches de modèle quantitif permettant de simuler des conditions naturelles et des perturbations à partir des variables principales et des interactions définies dans la première partie. Le modèle vise à décrire les répercussions de l'exploitation des tourbières sur le milieu aquatique.

Les éléments clés du rapport sont résumés dans les sections suivants.

Hydrologie

L'hydrologie des tourbières se caractérise par une équation décrivant le bilan massique des apports et des pertes d'eau et permettant de calculer la quantité d'eau retenue par la tourbière. Voici les principales composantes de l'équation du bilan hydrologique :

- précipitations (P)
- apport d'eau souterrain ou superficielle (I)
- évaporation (E)
- débit (D)
- retenue (S)

Les tourbières sont caractérisées par un nappe phréatique située à la surface ou presque pendant la majeure partie de l'année. La zone d'activité hydrologique (acrotelme) est définie par la profondeur maximale de la surface de saturation. Les capacités de débit et de retenue à court terme sont déterminées par le niveau de la surface de saturation. L'eau est principalement retenue par la couche inactive ou catotelme. Cette zone est saturée d'eau en permanence et les taux d'échange hydrauliques sont faibles.

Dans les tourbières tempérées boréales, on observe des fluctuations saisonnaires caractéristiques du volume de ruissellement qui sont liées à la distribution des précipitations. Dans les tourbières où il y a gel pendant l'hiver, les deux tiers du ruissellement annuel se produisent généralement pendant le dégel printannier. Dans les systèmes qui ne gèlent pas, le ruissellement hivernal correspond aux précipitations. Pendant les mois d'été, l'évaporation réduit le ruissellement et, dans certains systèmes, l'eau peut même s'arrêter complètement de couler.

Végétation

La végétation de tourbière est le précurseur de la tourbe. Il est donc essentiel pour déterminer les taux d'accumulation de la tourbe et les variations des propriétés physico-chimiques et des teneurs en sels nutritifs et en éléments traces de connaître les facteurs modifiant la composition des espèces ainsi que leur croissance et leur décomposition. Les classifications des tourbières se basent souvent sur la composition des espèces végétales car les plantes sont des indicateurs écologiques sensibles des conditions climatiques et hydrodynamiques. L'historique de la tourbière apparaît dans la stratigraphie de la tourbe.

Dans les régions boréales, le taux d'accumulation de la tourbe est fonction de la quantité de matières végétales produites (définie par la productivité primaire nette et la population sur pied) et de son taux de décomposition. L'accumulation est favorisée par les conditions régnant en général dans les tourbières oligotrophes, soit la saturation en eau, l'anoxie et la pauvreté en éléments nutritifs. La décomposition des plantes provoque la libération de sels nutritifs et d'éléments traces dans la solution. Ces derniers peuvent ensuite former un complexe avec la tourbe, être absorbés par les plantes vivantes ou entraînés hors du système.

On a traditionnellement considéré que les tourbières, spécialement les tourbières oligotrophes, sont pauvres en sels nutritifs. Toutefois, bien que les concentrations totales des tourbières en sels nutritifs soient souvent inférieures à celles des sols minéraux, il appert que c'est la bioaccessibilité et non pas la quantité présente qui limite la croissance. L'azote et le phosphore font partie la plupart du temps de composés organiques. La minéralisation biologique de ces composés en composés inorganiques (formes bioaccessibles) est réglée par l'apport en oxygène et des conditions acides.

La décomposition des plantes des systèmes ombrotrophes peut aussi introduire des contaminants traces dans la solution de sol. On a montré que le sphaigne et les autres espèces des tourbières oligotrophes accumulent les métaux lourds provenant des dépôts atmosphériques.

Propriétés physiques de la tourbe

Pour un usage commercial, la tourbe est en général classée d'après ses caractéristiques physiques qui en déterminent la capacité de rétention d'eau et la conductivité hydraulique. Les propriétés physiques faisant le plus souvent l'objet de mesures (p. ex. densité apparente, échelle von Post, teneur en fibre) sont des indicateurs de l'état de décomposition et y sont donc toutes inter-reliées statistiquement.

Le coefficient de Darcy de la tourbe varie sur une vaste plage (10^{-9} - 8 cm/s). Ce fait peut être lié à ses différentes origines botaniques, à ses différents états de décomposition, à sa profondeur dans le profil et à la compression subie. On trouve les coefficients les plus grands dans les tourbes de sphaigne peu décomposées. Par contre, la capacité de rétention d'eau est supérieure pour les tourbes bien humifiées ayant de petits espaces lacunaires.

Chimie

Le complexe tourbe-eau de porosité réagit beaucoup chimiquement. Sa qualité est fonction de la quantité et de l'origine de l'apport d'eau et, par conséquent, détermine la qualité des eaux de décharge. On observe des différences importantes entre la chimie tourbe-eau des systèmes ombrotrophes et minérotrophes. Les tourbières oligotrophes ont des propriétés caractéristiques des milieux acides : faible pH, forte coloration, fortes teneurs en acides humique et fulvique et en métaux traces. Les propriétés des tourbières oligotrophes reflètent davantage l'influence tellurique qui s'est exercée pendant leur formation : fortes concentrations en calcium et en magnésium, alcalinité élevée, grande conductivité et un pH légèrement acide ou à peu près neutre.

L'acidité des systèmes ombrotrophes a une influence importante sur la qualité des eaux de décharge. Des études récentes laissent supposer que le pH demeure bas en grande partie à cause de la dissociation cinétique d'acides organiques faibles. En conditions acides, les métaux traces se solubilisent. Dans le profil de la plupart des tourbes, on oberve une brusque baisse de la concentration en métaux ou de la zone de fluctuation de la surface de saturation. On a peu étudié la résistance des systèmes formés en majeure partie de composés organiques aux variations de pH par suite de l'arrivée d'acides minéraux sous forme de pluies acides.

Écologie aquatique

Les eaux de décharge des tourbières peuvent pénétrer dans les bassins versants par l'intermédiaire des ruisseaux, des rivières, des lacs ou des estuaires. Les répercussions éventuelles du drainage et de l'exploitation d'une tourbière sur les communautés aquatiques d'aval apparaissent comme un sujet important d'inquiétude concernant le milieu. Cependant, on comprend mal présentement l'influence de la décharge naturelle des tourbières sur le biote aquatique. Beaucoup d'espèces économiquement importantes de poissons vivent dans les "eaux brunes" où de grands volumes l'eau de tourbières se déchargent. Cependant, des observations laissent entendre que les matières humiques peuvent avoir un effet toxique sur certaines espèces. De plus, les données existantes montrent que les eaux de décharge des tourbières

intactes ne sont, en général, pas conformes aux objectifs de qualité des eaux fixés par le gouvernement fédéral pour la protection de la vie aquatique en ce qui concerne des paramètres comme le pH, les teneurs en oxygène dissous, en sels nutritifs et en métaux. Il y a, dans ce domaine de l'écologie de tourbières, en manque important dans les connaissances qui doit être comblé avant que les répercussions de l'exploitation des tourbières puissent être évaluées de façon précise.

Répercussions de l'exploitation

La littérature laisse entendre que les répercussions potentielles de l'exploitation des tourbières sur le milieu aquatique sont reliées à la modification du régime des eaux et à l'appauvrissement de la qualité de l'eau qui ont des effets directs ou indirects sur le biote aquatique. On a actuellement effectué trop peu d'observations au champ pour pouvoir évaluer de façon précise l'importance ou la durée des répercussions. Néanmoins, en se basant sur les observations existantes et en raisonnant à la façon d'un écologiste, il est possible de tirer les conclusions provisoires qui suivent quant au type de répercussions attendues :

Hydrologie

- L'exploitation par voie humide semble moins bouleverser le régime des eaux que l'exploitation par voie sèche.

- L'élimination de la végétation et le drainage modifient beaucoup le bilan hydrologique d'un système en provoquant une diminution nette de l'évaporation et en modifiant la capacité de rétention.

- Le drainage des tourbières peut provoquer une augmentation ou une diminution du ruissellement.

- Le drainage d'une tourbière change son débit d'orage; en général, temps sèchement diminue et le débit de pointe de ruissellement augmente.

- Les répercussions hydrologiques d'une exploitation minière par voie humide dépendent surtout de la présence ou de l'absence d'une décharge ainsi que de la nature du milieu récepteur.

Qualité de l'eau

- En l'absence d'une usine de traitement des eaux, il est probable que le drainage d'une tourbière fasse augmenter les concentrations en matières solides en suspension et en solution ainsi que les paramètres qui s'y rapportent, soit la turbidité, l'oxygène dissous, etc.

- Les variations de pH et des paramètres reliés à l'acidité dépendent de l'influence des eaux souterraines riches en sels minéreaux et de la profondeur des fossés. Lorsque ceux-ci sont creusés jusqu'à la zone d'influence de la couche minérale, le pH peut augmenter.

- Les répercussions de l'exploitation par voie humide sur la qualité des eaux dépendent de la qualité des eaux des étangs de dragage, du mode de rejet des eaux et de la nature du milieu récepteur.

- Des études préliminaires montrent que la qualité des eaux des étangs draqués jusqu'à la couche minérale est nettement différente de celle des étangs à fond de tourbe.

Modélisation

Le modèle préliminaire fait intervenir des sous-composantes hydrologiques, biogéochimiques et toxicologiques. Les études faisant l'objet du présent rapport comprennent entre autres :

- description du cadre d'application du modèle, y compris le but ultime, les principales hypothèses, l'explication du choix des paramètres d'entrée et les limitations du modèle;

- mise au point d'un modèle hydrologique préliminaire;

- étude du bilan hydrologique dans une tourbière oligotrophe intacte et des altérations provoquées par l'exploitation par voie humide ou sèche;

- conception de modèles tenant compte du pH, des teneurs en cations principaux, en carbone, en sels nutritifs, en métaux lourds et en oxygène dissous, et du potentiel d'oxydoréduction;

- simulation des processus d'accumulation de la tourbe et des bilans à pH neutre dans une tourbière oligotrophe intacte; et

- simulation de la chimie de l'eau de décharge d'une tourbière oligotrophe soumise à l'exploitation par voie sèche. Les paramètres envisagés sont, entre autres, le pH, les teneurs en sels nutritifs et en métaux et la toxicité.

Ces études permettront d'extrapoler un certain nombre de résultats préliminaires. Les variables les plus importantes dans la modélisation sont les suivantes :

- trajet et débit du cours d'eau,
- pH,
- potentiel d'oxydoréduction (Eh ou pE),
- densité apparente et taux de décomposition de la tourbe,
- adsorptivité de la tourbe,
- substances organiques solubles et
- précipités chimiques.

Hydrologie

- L'exploitation d'une tourbière ombrotrophe par voie humide ne modifierait pas de façon importante les voies d'élimination de l'eau, alors que l'exploitation par voie sèche pourrait provoquer un accroissement de la proportion de ruissellement à la suite de pluies.

- La simulation de la profondeur mensuelle de la surface de saturation à l'aide de l'équation du bilan hydrologique dynamique permet d'obtenir des résultats assez conformes aux données publiées.

- Il faudrait mesurer le coefficient de Darcy et le gradient piézométrique à la verticale pour évaluer l'importance du transport à la verticale dans les eaux anaérobies des tourbières oligotrophes.

Géochimie

- Pour modéliser le pH des eaux anaérobies d'une tourbière ologotrophe ombrotrophe, on suppose un système chimiquement neutre renfermant de l'acide fulvique. Ce système semble décrire adéquatement les observations faites dans les tourbières oligotrophes intactes dont le pH est $<4,0$. Lorsque la tourbière est perturbée (p. ex., exploitation par voie sèche), les études du modèle laissent supposer que l'oxydation de l'ammoniaque (et des autres espèces réduites) et la vitesse de formation des substances humiques ont un effet critique sur le pH calculé de la décharge. Dans le cas de l'exploitation par voie sèche, il faut incorporer au modèle le tampon de carbone inorganique ainsi que les effets du pH sur la dissociation de l'acide fulvique si l'on veut prévoir de façon précise les augmentations de pH au-dessus de pH 5.

- La consommation d'oxygène et la dénitrification servent à évaluer les zones importantes de modification du potentiel d'oxydoréduction dans la tourbière. Les calculs apparaissant dans le présent rapport sont basés sur l'hypothèse que le transport de méthane depuis les couches anaérobies peut expliquer les taux de consommation d'oxygène. À l'avenir, on tiendra compte d'autres formes de consommation d'oxygène (consommation de permanganate, dénitrification).

- Les prinicipales formes que le modèle prévoit pour les métaux sont les formes ioniques, organiques et particulaires. Dans le cas de Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+} et Al^{3+}, on suppose que la forme adsorbée constitue la principale forme particulaire. Pour ce qui est des autres métaux bivalent (p. ex., Ca^{2+}, Mn^{2+}, Cd^{2+}), on suppose qu'un précipité de sulfure métallique est la principale forme dans les zones anaérobies saturées.

- Le taux de désorption des métaux et le taux de dissolution des précipités, ainsi que les voies hydrologiques sont les paramètres critiques influant sur la concentration de métaux dans les effluents de tourbières oligotrophes exploitées par voie sèche. D'après des valeurs estimatives plausibles de ces paramètres, les concentrations calculées s'étaient sur deux ordres de grandeur. Elles encadrent en général les valeurs prévues (supérieures et inférieures) par les normes de qualité de l'eau, ce qui indique la nécessité de mesures plus précises (taux de désorption, taux de dissolution).

Toxicité

- On présente des calculs démontrant comment la formation d'un complexe acide fulvique-métal diminue la toxicité de ce dernier.

RECOMMANDATIONS EN VUE DES TRAVAUX FUTURS

Les futures études devraient se concentrer sur deux domaines généraux :

- combler nos manques de connaissance de l'écologie des tourbières; et
- améliorer, étalonner et vérifier le modèle.

Écologie des tourbières

Beaucoup des propriétés dynamiques des écosystèmes de tourbières sont mal comprises. Il s'ensuit une incohérence des données rapportées dans la littérature qui peut venir de la variabilité naturelle des paramètres, d'erreurs expérimentales ou de données de base inadéquates. Parmi les composantes principales à étudier plus à fond, citons :

- collecte intégrée des données;

- études quantitatives du régime des eaux;

- comportement des acides organiques produits par la décomposition de la tourbe, entre autres:
  - pouvoir tampon - influence des pluies acides,
  - cinétique de sorption des métaux dans diverses conditions réductices et oxydantes et à divers pH, et

- toxicité des acides humique et fulvique dans l'eau;
- développement de souches résistantes à l'acide dans le biote aquatique.

Modélisation

Il est nécessaire qu'on effectue une étude importante sur le terrain de façon à collecter un ensemble complet de données spécifiques à chaque station qui permettront d'étalonner le modèle. Lorsque c'est nécessaire, l'ensemble peut être complété par des expériences in situ et des expériences de laboratoires témoins.

Possibilités de perfectionnement du modèle :

- les efforts actuels ne tiennent pas compte des effets de la croissance végétale sur les transformations biochemiques;

- à l'avenir, on fera davantage de calculs de modélisation à l'état stationnaire pour compléter l'ensemble de données mis à l'essai;

- le codage sera complété. Les effets de la croissance végétale doivent être inclus dans le modèle si on veut l'appliquer à une tourbière réelle et s'en servir avec confiance pour évaluer les effets de l'exploitation des tourbières (qui augmente rapidement); et

- on a fait, pour une tourbière type, le codage d'un modèle incorporant des différences finies, qui tient compte de huit couches de perméabilité différentes mais on n'en a pas éliminé les imperfections. Le modèle sera amélioré et les résultats, incorporés dans le modèl hydrologique et dans les voies hydrologiques du modèle biogéochimique.

A5.5 Rapport : *Fish and Wildlife Use of Peatlands in Canada*, CNRC 21238
Exécutant : IEC Beak Consultants Ltd.

Ce rapport présente un résumé des répartitions géographiques, de la composition, de la diversité et de l'abondance relative des groupes fauniques associés aux tourbières canadiennes. Les répercussions environnementales potentielles reliées à l'exploitation des tourbières ou aux perturbations de leurs écosystèmes aquatique et terrestre sont considerées et des mesures atténuantes de même que des méthodes de restauration sont suggérées.

Les tourbières, par définition, sont des zones de sols organiques où l'accumulation de tourbe dépasse 40 cm d'épaisseur. Généralement, les bogs, les fens et les marécages sont considérés comme des types de tourbières. Au Canada, elles couvrent approximativement 16 % des terres et constituent

ainsi le type de milieu humide le plus abondant. Les principles tourbières se situent dans les milieux humides des régions arctique, sub-arctique, boréale et tempérée.

La diversité et l'abondance de la faune sont faibles dans les tourbières comparativement aux autres types de milieux humides ou aux écosystèmes en sol minéral. Cependant, alors qu'un petit nombre d'espèces sont hautement dépendantes des habitats que forme la tourbière, un grand nombre les utilisent sur une base saisonnière ou marginale. Certains types de tourbières (comme les marécages à mélèzes et à saules en taillis et les fens à graminées) fournissent des habitats fauniques très productifs alors que d'immenses zones de bogs non confinés sont relativement peu productifs. Le degré d'utilisation d'un habitat est relié au climat, à la topographie, au drainage, à son étendue, à la composition et à la structure de sa végétation et à ses conditions d'isolement.

Les tourbières constituent d'importants habitats pour de nombreuses espèces de petits mammifères, incluant le Musaraigne cendrée, le Lièvre d'Amérique, le Castor, le Campagnol à dos roux de Gapper, le Compagnol-lemming boréal et le Campagnol-lemming de Cooper. Le Castor est notre animal à fourrure le plus important au point de vue économique alors que les autre espèces sont d'excellentes proies pour les mammifères, les oiseaux et reptiles prédateurs. De plus, plusieurs importantes espèces d'animaux à fourrure et de gros gibier dépendent saisonnièrement des habitats des tourbières (i.e., le Lynx, la Martre d'Amerique, l'Orignal el le Caribou).

Les tourbières sont utilisées par l'avifaune terrestre et aquatique. Les tourbières boréales et sub-arctiques du nord sont reconnues internationalement comme des aires de reproduction pour la sauvagine et les oiseaux de rivage; un grand nombre d'oiseaux migrateurs (sauvagine, oiseaux de rivage et passerines) se servent des tourbières côtières et de celles situées à l'intérieur des terres comme étape et aires de repos durant la migration. Malgé leur productivité secondaire faible, les tourbières boréales et tempérées sont importantes au point de vue écologique pour un certain nombre d'espèces. La Fauvette constitue le groupe qui s'y reproduit le plus abondamment.

La composition, la diversité et l'abondance des poissons, ainsi que celles des communautés de reptiles, d'amphibiens et d'invertébrés des tourbières ont été peu étudiées, mais quelques rapports disponibles à ce sujet indiquent que le nombre d'individus et d'espèces est peu élevé dans les étendues d'eau dépourvues de végétation et dans les chenaux naturels de drainage. Cependant, les eaux de drainage des tourbières influencent le régime d'écoulement et la qualité de l'eau de plusieurs importants lacs et rivières à salmonidés.

Le débroussaillement et l'assèchement des tourbières peuvent causer des impacts environnementaux à longue échéance sur les écosystèmes aquatique et terrestre. Ces impacts incluent l'augmentation de l'érosion et du ruissellement, l'abaissement du niveau de la nappe phréatique, les changements dans les propriétés physico-chimiques de l'eau et des sols, la destruction directe des habitats terrestre et aquatique, l'augmentation des risques de feu et de l'accessibilité aux chasseurs.

La tolérance des différentes espèces à la destruction ou l'altération de leur habitat dépend de leurs besoins spatiaux et saisonniers, de la densité de la population et du comportement des individus. Certaines espèces bénéficient de l'exploitation d'une tourbière; d'autres en souffrent. Il est à prévoir que l'environnement aquatique sera plus gravement affecté que l'environnement terrestre. Les effets létaux et sous-létaux résultant des réductions du pH et de l'oxygène dissous, de l'augmentation des matières organiques, de la disponibilité des métaux lourds, de la stagnation des eaux, et des fluctuations de la température et de la salinité sont plus prononcés sur les oeufs et le stade juvénile des poissons et des amphibiens.

La façon la plus efficace et la moins coûteuse de mitiger les impacts consiste à tenir compte de l'aspect environnemental dans les étapes de planification. Les impacts peuvent être atténués en diminuant l'espace de dégagement de part et d'autre des routes, en prohibant l'usage des pesticides, en maintenant des zones tampons naturelles entre les routes et les cours d'eau et en périphérie des sites exploités et des fossés de drainage. Les fossés se terminant par un drain en pierre ou un bassin de décantation atténueront les impacts sur les ressources en eau. La restauration devra mettre l'emphase sur la saturation du sol en eau et le rétablissement rapide d'un couvert végétal hétérogène.

Au Canada, la conservation des tourbières n'a reçu que peu d'attention en raison de leur éloignement dans la plupart des cas et d'une croyance répandue qu'elles sont abondantes et non productives. Cependant quelques tourbières non perturbées existent encore dans le sud du Canada. Les tourbières qui, en raison de leur géographie ou de leur écologie, sont uniques et qui contiennent des habitats importants pour faune ou des espèces rares ou sensibles ne devraient pas être exploitées ou utilisées à d'autres fins. Le répertoire national canadien du Programme biologique international (LaRoi et al. 1976), identifie les tourbières d'importance nationale, régionale et locale.

A6 TOURBIÈRE

A6.1 Rapport : *A Study on the Biogasification of Peat*, CNRC 20600
Exécutant : ADI Limited

1.1 RÉSUMÉ

La société ADI Limited a été autorisée à effectuer une étude sur la biogazéification de la tourbe, par le ministère des Approvisionnements et Services du gouvernement du Canada au début de 1982, à la suite d'une proposition spontanée soumise par ADI au coordinateur, Energie renouvelable, Conseil national de recherches du Canada.

Le présent rapport examine la littérature sur la biogazéification de la tourbe, étudie la recherche actuelle aux États-Unis, décrit les deux procédés prometteurs de biogazéification, fait une analyse économique de ces deux procédés et fait aussi une comparaison économique avec d'autres emplois de la tourbe. Les conclusions découlant de cette étude et les recommandations en vue d'un plan d'action éventuel lié à la biogazéification se trouvent dans ce rapport. En annexe on présente une bibliographie annotée sur le sujet.

1.2 CONCLUSIONS

On est arrivé aux conclusions suivantes après une étude et une évaluation des procédes actuellement en cours de développement pour la biogazéification de la tourbe.

1. La tourbe est un mélange de substances complexes telles que la lignine, la cellulose, l'hémicellulose, etc., qui présentent toutes des degrés différents, mais restant relativement faibles, de biodégradabilité. Les concentrations relatives de ces substances complexes peuvent varier d'une tourbière à l'autre.

2. La biogazéification de la tourbe est techniquement faisable si l'on en juge par les études expérimentales faites jusqu'à présent; le prétraitement de la tourbe brute (de différentes façons) peut améliorer la biodégradabilité de façon marquée.

3. Les deux procédés prometteurs sont (i) la biogazéification utilisant un pré-traitement alcalin-oxydant créé par Dynatech R/D et (ii) BIOTHERM-GAS créé par l'Institute of Gas Technology (IGT) aux États-Unis.

4. Les deux procédés sont aux premiers stades de développement, c'est-à-dire dans la phase de laboratoire et n'ont pas encore atteint la phase

de démonstration. Ces deux procédés exigent encore du travail de développement. BIOTHERMGAS a été étudié seulement avec d'autres biomasses, mais on pense qu'on peut l'appliquer à la tourbe extraite par voie humide, moyennant des études supplémentaires d'adaptation.

5. Une analyse économique préliminaire de ces deux procédés de biogazéification et une comparaison avec d'autres emplois de la tourbe ont montré que le coût d'unité d'énergie le plus bas (compte non tenu de la tourbe utilisée dans le procédé) a été obtenu dans le procédé de carbonisation par voie humide, suivi du procédé BIOTHERMGAS et du procédé Wetox, alors que le coût énergétique le plus élevé a été obtenu avec le procédé Dynatech. Compte tenu néanmoins, des coûts d'exploitation et d'entretien réalistes et des facteurs d'échelle, le procédé BIOTHERMGAS devenait moins intéressant économiquement (avec un coût d'unité d'énergie faible). Cette analyse laisse penser que la production de la production de tourbe comprimée reste aussi intéressante du point de vue économique lorsque elle est faite à grande échelle. On doit cependant tenir compte du fait que ce procédé exige une tourbe de qualité combustible à 50 % MC, qui présente un coût plus élevé que l'hydro-tourbe utilisé dans les autres procédés.

6. D'après des discussions avec l'Ontario Research Foundation, nous avons appris que le procédé Wetox est prêt pour la démonstration, avec une capacité de 115 t/d, pour produire de l'eau chaude et de la vapeur. Le procédé de carbonisation par voie humide semble prêt pour une application commerciale, selon les détenteurs américains de la licence.

7. On prévoit que les répercussions environnementales de l'effluent du procédé BIOTHERMGAS seraient minimales par rapport aux répercussions néfastes possibles de l'effluent solubilisé du procédé Dynatech.

8. Les procédés Wetox et de carbonisation par voie humide produisent des eaux usées très concentrées qu'on devrait traiter avant l'élimination. Des études au laboratoire ont montré que ces eaux usées se prêtent au pré-traitement anaérobie, qui permet d'améliorer encore la récupération d'énergie de l'ensemble du procédé.

9. Il semble que la digestion anaerobie présente les meilleures possibilités de traitement des eaux usées produites lors du traitement de la tourbe.

1.3 RECOMMANDATIONS

1. Il faudrait faire d'autres travaux de recherche et de développement du procédé de biogazéification de la tourbe avant de pouvoir l'exploiter

commercialement. Il y aurait lieu d'accorder la priorité à la recherche et au développement liés aux techniques de pré-traitement et de traitement anaérobie très rapide afin d'améliorer le degré de conversion et les taux de conversion et d'optimiser les coûts.

2. On recommande aussi d'accorder une plus grande priorité aux procédés de carbonisation par voie humide et Wetox, faisant partie du programme de transformation de la tourbe en énergie au Canada, par rapport à la biogazéification à cause de l'état actuel du développement de ces procédés et de leurs avantages économiques relatifs.

A6.2 Rapport : ***Anaerobic Fermentation of ORF Wetox^R Peat Pressate for the Production of Methane,*** **CNRC 24083**
Exécutant : ADI Limited

1.1 CONCLUSIONS

Les principales conclusions de cette étude sont présentées ci-dessous sous forme ponctuelle.

1. Les résultats de cette étude montrent que la tourbe pressée WETOX^R peut être efficacement traitée aussi bien par DFF à grande vitesse que par BVF à faible vitesse.

2. Les résultats de cette étude et l'expérience passée laissent supposer que des charges de DCO de 8,0 kg/m^3•d et de 1,7 kg/m^3•d respectivement pour DFF et BVF, avec élimination d'environ 60 % de DCO, semblent raisonnables (et représentent même des valeurs prudentes) pour des calculs préalables.

3. Les limites pratiques d'élimination de DCO et de DBO se situent respectivement dans les intervalles 60-70 % et 80-90 %.

4. Environ 40 % de l'énergie chimique de l'effluent de tourbe pressée peut être récupérée, sous forme de biogaz, par traitement anaérobie. Ce biogaz renferme environ 6,0 à 6,5 % de la teneur en énergie du produit combustible dérivé de la tourbe.

5. Le taux de production de biogaz par les réacteurs était normal, avec notamment une quantité moyenne de méthane variant de 0,31 à 0,35 m^3 CH_4/kg DCO détruite, respectivement pour DFF et BVF.

6. La concentration de méthane du biogaz pour les deux réacteurs variait à peu près de 50 à 85 %, principalement en raison de la fluctuation du pH

dans le réacteur. Dans un système à l'échelle normale, la composition du biogaz serait beaucoup moins variable, la teneur en méthane se situant alors dans l'intervalle 65 à 75 %. La concentration d'hydrogène sulfuré était relativement faible dans les deux réacteurs, et elle ne devrait pas provoquer de problèmes graves, à l'échelle normale, ni pour la manutention ni pour l'environnement.

7. Le biogaz brut devrait représenter un excellent combustible pour le séchage thermique de la tourbe-combustible; les quantités sont largement suffisantes pour faire passer la teneur en solides de la tourbe déshydratée mécaniquement de 50 à 62 %. Si des teneurs plus fortes en solides sont nécessaires, la tourbe combustible peut elle aussi être employée pour le séchage.

8. Il n'y avait aucun signe de toxicité ou d'inhibition biologiques dans aucun des réacteurs anaérobies. Une toxicité causée par le furfural, l'hydrogène sulfuré ou l'ammoniac est peu probable à moins que les caractéristiques de la tourbe pressée varient radicalement par rapport à celles observées dans la présente étude.

9. Les perturbations observées pour DFF sont probablement dues à un faible pH dans le réacteur, causé par un abaissement voulu de l'alcalinité du réacteur. On estime qu'il ne sera pas nécessaire d'ajuster chimiquement le pH dans aucun des réacteurs, pour des charges modérées, une fois que les réacteurs seront bien rodés.

10. Les résultats de cette étude montrent qu'il y a des quantités suffisantes d'agents macro et micro-nutritifs dans le WETOX^{R} pour la fermentation anaérobie.

11. Les bilans massiques pour les solides montrent qu'environ 75 % des solides en suspension, retenus dans les réacteurs, ont été digérés de façon anaérobie pendant cette courte étude. Par la suite, les solides se dégraderont encore avec le temps.

12. Les deux réacteurs supposent la production de résidus solides. Dans le cas du DFF, cette production se fait automatiquement et est inhérente à la conception du système. Pour le BVF, la production de résidus solides n'interviendra qu'après plusieurs années de fonctionnement, lorsque la qualité de l'effluent se dégradera en raison des quantités excessives de boue dans le réacteur. En raison de l'important temps de séjour des boues, le BVF assure une digestion à haute teneur en solides volatils, et peut donc être utilisé comme digestion pour toute boue aérobie résiduelle.

13. Les concentrations d'ammoniac, et peut être aussi d'hydrogène sulfuré, dans l'effluent anaérobie, seront toxiques pour la truite. Le traitement aérobie classique permettra d'éliminer l'hydrogène sulfuré et de réduire davantage la DBO; mais, pour réduire suffisamment l'ammoniac, et ainsi obtenir un effet non toxique, il faudra disposer d'un système de nitrification. Malheureusement, un système de ce type est coûteux, complexe et difficile à faire fonctionner.

14. La concentration de nitrate dans l'effluent aérobie ne devrait normalement pas être toxique pour les poissons; cependant, il y a risque de toxicité du nitrite s'il reste des quantités résiduelles significatives lors de l'évacuation.

15. Une forte concentration de nitrate peut présenter des risques si l'effluent n'est pas suffisamment dilué avant son entrée dans les formations aquifères, utilisées pour l'approvisionnement en eau potable.

16. Au lieu d'évacuer l'effluent directement dans une formation aquifère, il serait peut être beaucoup plus intéressant de l'envoyer dans une tourbière où il y a déjà eu des excavations. Cela permettrait peut-être d'atténuer le processus aérobie. Le déversement dans une tourbière assurerait une dilution supplémentaire et un taux significatif de dénitrification.

17. Une autre possibilité est l'élimination de l'ammoniac. Mais, en raison du coût élevé, il est peu probable que cette épuration puisse se faire à un niveau qui supprimerait toute l'étape de nitrification.

18. Le coût d'immobilisation d'un DFF à l'échelle normale et d'un BVF modifié, avec un bassin d'aération dix-jours, serait respectivement d'environ 2,2 et 1,4 millions de dollars. Ces coûts correspondent à des systèmes traitant l'effluent d'une usine de WETOX^{R} d'une capacité de 50 t/h de tourbe boueuse à 10 % de solides. Il est possible de concevoir et de construire des réacteurs anaérobies plus grands à un coût unitaire plus bas. Cela est particulièrement vrai dans le cas du BVF, en raison de sa constitution (en terre). Les coûts d'immobilisation et les frais d'exploitation par année pour le DFF et le BVF modifié sont évalués respectivement à 135 000 et à 110 000 $.

1.2 RECOMMANDATIONS

À la lumière des résultats de la présente étude, nous proposons ce qui suit :

1. Une étude pilote à l'échelle de la démonstration devrait être entreprise pour vérifier les critères provisoires de la conception anaérobie, obtenus ici.

2. Des travaux de recherche supplémentaires devraient être effectués pour trouver d'autres méthodes de traitement de l'effluent anaérobie. Ces travaux devraient inclure des études pour l'élimination de l'ammoniac et la nitrification et, si possible, des études de toxicité.

3. Il semble assez avantageux d'évacuer l'effluent nitrifié (ou partiellement nitrifié) dans une tourbière où il y a déjà eu des excavations. Mais, d'autres études sont nécessaires pour évaluer l'ensemble des effets sur l'environnement d'une évacuation de ce type, et pour vérifier la faisabilité de cette méthode à l'échelle réelle.

A6.3 Rapport : *Carbon Products from Peat*, CNRC 24492
Exécutant : Montreal Engineering Co. Ltd.

On prépare actuellement une estimation de la demande potentielle de produits carbonés dérivés de la tourbe, en analysant l'information connue, ou moyen d'un examen d'ensemble de la documentation scientifique, d'enquêtes conduites par téléphone et par la poste, et de rencontres avec des utilisateurs actuels des produits en question. Les objectifs de l'étude sont :

- une vue d'ensemble des opérations commerciales existantes, pour obtenir de l'information sur les détails techniques et les coûts de production;

- l'examen des procédés actuellement élaborés, y compris une évaluation technique de leur applicabilité;

- une analyse des marchés canadiens et mondiaux, pour connaître le potentiel de commercialisation de ces produits sur le marché domestique et les marchés extérieurs;

- une évaluation des procédés identifiés, quant à leur viabilité économique au Canada;

- des recommandations concernant une stratégie de la recherche, dans le but d'améliorer les perspectives économiques de l'un ou de plusieurs de ces procédés au Canada.

MÉTHODES ET CONSTATATIONS

Produits étudiés; quelques-uns de leurs caractères pertinents et de leurs application intéressantes sont résumés en tableau 1.

Tableau 1

Produit dérivés de la tourbe	Caractéristiques	Applications
Coke	très réactif [1] faible résistance mécanique [1] faible taux de soufre [1, 2]	agent réducteur dans les fours électriques
Charbons actifs	forte teneur en produits volatils [1] d'où une augmentation possible des dépenses de production toutes les qualités peuvent être obtenues à partir de la tourbe	l'étude n'a révélé aucun secteur dans lequel les charbons actifs dérivés de la tourbe offrent des avantages du point de vue de leur traitement
Goudrons	ce sont principalement des composés aliphatiques différents des composés aromatiques des goudrons de houille	d'autres recherches sont nécessaires pour en identifier les composants, et leur trouver une plus grande gamme d'usages
Cires	semblables aux cires de lignite, et aux cires de type carnauba	d'autres recherches sont nécessaires pour en identifier les composants, et leur trouver une plus grande gamme d'usages
Carbon black	nécessite une matière première aromatique	l'utilisation de goudron de tourbe aliphatique n'est pas considéré comme techniquement faisable actuellement

[1] Par comparaison avec les produits houillers.
[2] Dépend de la tourbière choisie pour l'exploitation.

Les propriétés du coke de tourbe en font un excellent agent réducteur dans les fours électriques. On prévoit une utilisation accrue des fours électriques, surtout dans les aciéries. Actuellement, on utilise autant les cokes de charbon que les cokes de pétrole dans les fours électriques.

Les hauts fourneaux des aciéries consomment la majeure partie du coke houiller. Actuellement, la diminution de la demande de coke de charbon est due à des réductions de la production de l'acier et de l'utilisation des hauts fourneaux. D'où l'accroissement des fournitures de coke de charbon destiné aux fours électriques.

Quatre-vingt pour cent du coke de pétrole employé dans le monde provient des États-Unis. Le principal marché pour ce type de coke est l'industrie de l'aluminium, pour la fabrication d'anodes. La diminution de la demande de coke de pétrole par l'industrie de l'aluminium augmente les réserves disponibles de ce produit pour les fours électriques.

Dans les pays non communistes, la production de charbon actif se concentre aux États-Unis et en Europe de l'Ouest. On estime que les taux actuels de production se situent à environ 60-70 % de la capacité de production. On peut utiliser la tourbe pour fabriquer toutes les qualités de charbon actif; un fabricant européen, la Norit N.V., installée aux Pays-Bas, emploie actuellement ce produit.

On peut décrire l'industrie du carbon black comme stable ou parvenue à maturité, ou peut-être même déclin. L'industrie des caoutchoucs consomme aujourd'hui 95 % du carbon black. Les enquêtes faites dans le cadre de cette étude ont montré que les goudrons de tourbe ne sont pas une matière première convenant à la fabrication du carbon black.

Dans la documentation scientifique, les cires de tourbe sont comparées aux cires de lignite et aux cires de type carnauba. À moins que l'on ne trouve aux cires de tourbe des propriétés uniques, dont puissent profiter les utilisateurs éventuels, la tourbe ne pourra concurrencer les cires de lignite moins coûteuses.

Pour l'instant, on connaît mal les constituants du goudron de tourbe. Il semble qu'ils se rapprochent davantage des goudrons de pétrole que des goudrons de houille. Il est difficile d'évaluer le potentiel de commercialisation des goudrons de tourbe, étant donné l'absence d'information sur les caractéristiques de ce produit.

On a étudié la fabrication du coke de tourbe dans deux installations, les usines Wielandt et Outokumpu Oy, et examiné deux méthodes proposées et jugées appropriées, les procédés Lurgi-Salem et Lurgi Spuhlgas. Le Centre

de recherches techniques de la Finlande (Technical Research Centre of Finland, VTT) a fourni des descriptions des balances de matériel et de l'exploitation. Tous les facteurs, depuis le choix de la tourbière, les procédés d'extraction, de séchage et de cokéfaction de la tourbe, ont une influence sur le produit final.

L'ontario Research Foundation (ORF) a effectué des expériences pour déterminer la possiblité d'utiliser le coke de tourbe conjointement à un produit agglomérant de faible coût, pour donner du coke de fonderie. Les résultats des expériences en laboratoire étaient peu concluants, mais on estime que des recherches plus poussées sont justifiées.

Une brève analyse de la rentabilité économique du coke de tourbe, fondée sur les estimations de la VTT concernant les coûts de production et sur les estimations de la Monenco concernant les coûts d'extraction de la tourbe fraîche, indiquent qu'il faudrait au minimum des subventions représentant 7 à 22 millions de dollars du coût capitalisé total estimé (21 à 40 millions de dollars), pour aligner les coûts en capital et l'amortissement des frais d'exploitation du coke de tourbe, avec les prix actuels du coke de charbon industriel (140 $/t). Cette analyse a aussi montré que le coke de tourbe obtenu avec le procédé employé par l'usine Outokumpu Oy exigeait les plus faibles coûts en capital et coûts d'exploitation prévus (180-260 $/t); en outre, les recettes espérées de la vente des sous-produits, de l'électricité et des briquettes permettraient sans doute de réduire le coût du coke de tourbe; donc l'installation dans les usines de modules produisant de l'électricité et des briquettes, pourrait être économiquement rentable. Toutefois, une étude des marchés éventuels de l'électricité et des briquettes n'a pas été faite.

On a réalisé une analyse détaillée relative aux utilisateurs canadiens actuels de produits carbonés, d'après des données fournies par Statistiques Canada. On a expédié à un échantillonnage de consommateurs de l'industrie un questionnaire, élaboré à la suite de visites chez trois utilisateurs de coke, trois utilisateurs de charbon actif, et deux utilisateurs de goudron, afin de déterminer les spécifications actuelles relatives à ces produits et les quantités consommées de ceux-ci. Une enquête téléphonique auprès des utilisateurs et fournisseurs de cires industrielles a fourni les données en fonction desquelles on a estimé la consommation potentielle de cires de tourbe. Grâce à cette information, on a produit une estimation de la demande éventuelle de produits dérivés de la tourbe au Canada.

DEMANDE POTENTIELLE AU CANADA

En admettant que l'on puisse obtenir des subventions qui permettent d'abaisser le prix du coke de tourbe à des niveaux compétitifs, on définit

la demande potentielle de ce produit comme celle qui pourrait se manifester durant une remontée économique lente mais continue; il s'agirait d'applications techniquement réalisables, et qui dans un délai minimum de cinq ans, offrent des perspectives de commercialisation. La demande potentielle de coke de tourbe est indiquée ci-dessous.

Demande potentielle estimée de coke de tourbe

Industrie	Quantités (kt/a)
Produits chimiques	180
Ferro-alliages	105
Exploitation minière et traitement des minerals	15
Totale	300

On doit utiliser ces chiffres avec les restrictions suivantes :

1. Quatorze utilsateurs de coke ont fourni les données en complétant les questionnaires.

2. Le démarrage de la production de tourbe peut demander jusqu'à 6 ans de prépartaion de la tourbière.

3. On doit identifier les tourbières appropriées. Les utilisateurs sont concentrés au Québec et en Ontario; un fabricant de produits chimiques se trouve à Terre-Neuve.

4. Le coke que la tourbe doit remplacer est un sous-produit, épuré par tamisage, du coke de charbon pour hauts-fourneaux. La presque totalité de ce coke est actuellement importée.

On peut décrire le marché canadien du charbon actif comme parvenu à maturité, puisque la demande annuelle (5,2 kt) est virtuellement constante depuis 1978. Seuls les producteurs de sucre ont manifesté un intérêt pour les charbons actifs dérivés de la tourbe. La raison en est l'emploi intensif du charbon actif par l'industrie du sucre, ainsi que les exigences uniques de l'exploitation, imposées par le mélange de charbons actifs manufacturés sur place avec les charbons actifs vendus dans le commerce. Toutefois, il n'est pas prouvé que les charbons actifs à base de tourbe conviennent mieux que d'autres matières premières à ce type d'application. En outre, le coût unitaire du charbon actif utilisé est moindre que le coût moyen de ce type de charbon au Canada (0,62 $/kg vis-à-vis de 1,62 $/kg en

1982). On considère donc le potentiel de comercialisation des charbons actifs dérivés de la tourbe comme faible à cet égard.

On a déterminé que dans l'industrie canadienne, la commercialisation des cires ou goudrons de tourbe était sans intérêt.

POTENTIAL D'EXPORTATION

Il existe aux États-Unis un marché potentiel maximum d'un million de tonnes courtes pour le coke de tourbe. Les prix relativement bas du coke de charbon aux États-Unis (la source des cokes canadiens) font que le coke de tourbe se trouve nettement désavantagé. Une croissance importance de la demande de charbon actif dépendra de l'utilisation de ce type de charbon par l'industrie des ressources hydrologiques. Il faudra que soit résolu le conflit actuel entre l'Agence de la protection de l'environnement (Environmental Protection Agency) et les compagnies d'hydroélectricité. Jusque là, l'industrie américaine du charbon actif aura sans doute une capacité excédentaire.

Le Japon, étant un importateur de charbon gras canadiens, peut être considéré comme un marché potentiel du coke de tourbe. Le secteur le plus prometteur est sans doute l'Amérique Latine, où l'on observe actuellement une croissance rapide des aciéries.

CONCLUSIONS

L'utilisation des cokes de tourbe comme agents réducteurs est une application d'avenir. Toutefois, les cokes que remplacerait le coke de tourbe sont des sous-produits. La fourniture de ces sous-produits n'est pas dépendante de la demande, et l'équilibre du marché est assuré par des ajustements de prix. Il en résulte les risques suivants pour la production de coke de tourbe :

- les prix du coke de pétrole et des cokes épurés de haut fourneau dépendent des activités d'industries dans rapport avec le secteur minier, ou presque indépendantes de celui-ci;

- la fourniture de ces produits continuerait même après la chute des prix au-dessous du seuil de rentabilité du coke de tourbe. Ainsi, un rendement accru de la fabrication du coke de tourbe n'assure en aucune manière la survie à long terme de cette industrie.

Il faudrait des subventions pour aligner les coûts en capital et l'amortissement des frais d'exploitation, avec le coût du coke de charbon épuré. La plupart des cokes actuellement utilisés provenant des États-Unis, les

bénéfices qui résultent du remplacement des importations peuvent justifier les subventions accordées.

Le marché domestique du charbon actif est trop restreint et fragmenté pour assurer la rentabilité d'une industrie de fabrication de charbon actif à base de tourbe. L'enquête n'ayant révélé aucun secteur où ces charbons actifs à base de tourbe soient avantageux du point de vue de leur utilisation, et où les fournisseurs actuels tirent des bénéfices substantiels en desservant de vastes marchés domestiques, nous ne pouvons justifier l'établissement d'une industrie de fabrication domestique des charbon actifs à base de tourbe.

RECOMMANDATIONS

- Pour l'instant, on ne considère pas comme pratique la valorisation de la tourbe par cokéfaction, le coke de tourbe étant trop cher par rapport aux autres types de coke.

- Une analyse de rentabilité économique est indispensable pour indiquer si des subventions se justifient, par les bénéfices résultant du remplacement des importations.

- Si les subventions se justifient, on doit rechercher des tourbières appropriées, si possible proches des producteurs québécois de ferroalliages. On doit effectuer, conjointement à ces producteurs, des essais sur les cokes fabriqués par l'un des procédés de l'usine Outokumpu Oy.

- Des recherches se justifient, sur la faisabilité des procédés de fabrication du coke de fonderie à partir des cokes de tourbe, puisque le coke de fonderie se vend à prix élévé et qu'il est importé. La recherche, d'après les résultats de l'étude préliminaire de l'Ontario Research Foundation, doit porter sur les détails suivants :

  - la température minimale permettant d'éliminer au moins 90 à 95 % des produits volatils des charbons de tourbe.
  - le moulage de briquettes à l'aide de liants peu coûteux.
  - la réalisation d'essais de réactivité, permettant d'estimer la consommation relative de coke de tourbe pour la production de fonte.

- Bien qu'actuellement, la dimension du marché ne justifie pas le coût élevé de la recherche sur la détermination des composants des cires et goudrons de tourbe, cette recherche nous permettra peut-être de trouver de nouvelles possibilités de commercialisation.

A6.4 Rapport : *The Use of Peat Extracts/Pressate as a Feed Stock for Chemical and Biochemical Processes*, CNRC 24130
Exécutant : Frank Maine Consulting Ltd.

À l'origine, l'étude a été enterprise pour examiner la possibilité d'utiliser les composés carbonés solubles contenus dans les effluents volumineux provenant des procédés de combustion de la tourbe, telle la carbonisation humide, pour obtenir des sous-produits utiles après fermentation par des espèces de *Clostridium*. Dés le premier mois de cette étude qui devait en durer six, on a constaté que la concentration des substances fermentescibles dans ces extraits de tourbe combustible était trop faible pour permettre une fermentation microbienne valable par ces microorganismes. C'est porquoi, avec l'accord du responsable scientifique du projet, on a obtenu des extraits de tourbe horticole par traitement contrôlé à la vapeur à haute pression, en utilisant le procédé de Stake Technology. On pouvait prévoir qu'une certaine partie des glucides présents dans la tourbe horticole sous forme de cellulose et d'hémicellulose se solubiliserait comme c'est le cas pour le bois et les autres produits lignocellulosiques qui peuvent être fractionnées en cellulose, en hémicellulose et en lignine à l'aide du procédé de Stake. Cette étude a été jugée utile, car un tel fractionnement de la tourbe pourrait servir de base à un système d'utilisation totale de la tourbe pour la production chimique, où il serait nécessaire de tirer de tous les constituants de la tourbe des produits ayant une valeur économique.

En appliquant le procédé Stake dans des conditions favorisant la libération d'une quantité maximale de glucides, on a obtenu à partir des extraits de tourbe un mélange complexe de sucres utilisables par un nombre très limité de classes de microorganismes. Cependant, des souches de *Clostridium* sont capables de métaboliser ces subtrats complexes et une étude a révélé que plusieurs souches qui produisent du butanol, de l'éthanol et de l'acétone par fermentation croissent très bien dans un milieu où l'extrait de tourbe constitue la seule source de carbone. Dans une étude préliminaire de la production de butanol par *C. acetobutylicuma et par C. butylicum* et de la production d'éthanol par *C. thermohydrosulfuricum* à partir des petites quantités d'extrait de tourbe disponibles, on a constaté que l'utilisation du substrat et la production du solvant étaient faibles, mais qu'on pouvait accroître le rendement par d'autres travaux de recherche à plus grande échelle où il serait possible d'assurer une meilleure régulation du processus de fermentation. Un tel travail serait nécessaire pour juger de la valeur potentielle de ces fermentations dans le cadre d'un programme industriel visant à utiliser d'une manière économique tous les constituants de la tourbe. Contrairement aux résultats obtenus avec les extraites de bois traités par explosion à la vapeur, la fermentation des extraits de tourbe ne semble pas inhibée par la présence de substances

toxiques, ce qui constituerait un avantage très important lorsqu'il s'agit de mettre sur pied un procédé de fermentation industrielle.

Le résidu de tourbe après traitement par explosion à la vapeur contenait une quantité considérable de cellulose non accessible aux bactéries cellulolytiques. Ce résidu deviendrait accessible pour utilisation chimique ou pour servir de substrat dans divers processus de fermentation après hydrolyse en glucose si le résidu était traité de façon à enlever les cires, la lignine et l'acide humique pour d'autres applications utiles. Il peut aussi être possible de solubiliser encore plus de cellulose provenant de la tourbe par addition d'acide dans le procédé Stake d'explosion à la vapeur.

L'utilisation de la tourbe pour l'obtention de produits chimiques par extraction ou par fermentation, souvent proposée dans le passé, mais appliquée uniquement à une échelle très limitée, pourrait devenir une activité réalisable, tant du point de vue technique qu'économique, grâce à l'application de la technologie moderne. Les rapports antérieurs sur la fermentation de la tourbe n'ont pas été fondés sur une connaissance détaillée de la composition du substrat, sur une sélection éclairée du microorganisme fermenteur ou sur l'étude d'autres facteurs qui peuvent jouer un rôle dans le succès des processus de fermentation. Le présent rapport traite de certains de ces facteurs dans le cas de l'utilisation des extraits de tourbe pour produire des solvants par fermentation.